

Aula 12 - Profº Felipe

*PETROBRAS (Engenharia de
Equipamento - Mecânica)
Conhecimentos Específicos - 2021
(Pós-Edital)*

Autor:

Felipe Canella, Juliano de Pelegrin

28 de Dezembro de 2021

Sumário

Introdução a Corrosão	4
Pilha eletroquímica – eletrólitos e células galvânicas	8
Série Galvânica	15
Taxa de Penetração da Corrosão - TPC	16
Passividade de ligas metálicas	16
Tipos de corrosão.....	17
Corrosão uniforme.....	18
Corrosão galvânica.....	18
Corrosão por depósito	19
Corrosão localizada (alveolar e pites)	20
Corrosão intergranular.....	21
Corrosão seletiva	22
Corrosão por erosão.....	22
Corrosão sob tensão	23
Corrosão por ação do hidrogênio	23
Prevenção da corrosão – métodos de proteção.....	24
Proteção catódica	24
Revestimentos superficiais	27
Revestimentos não-metálicos inorgânicos	30
Pintura	31
Constituintes.....	32



Métodos de aplicação	34
Considerações finais	36
Questões com comentários	37



APRESENTAÇÃO DA AULA

Estrategista, nesta aula veremos um tópico extenso da grande área de **Ciência dos Materiais**: a **corrosão**!

Nesse sentido, entenderemos como funciona o processo de corrosão das diferentes ligas metálicas (como o aço, por exemplo). Ainda assim, teremos uma noção clara de como a **eletroquímica** está relacionada com a base desse processo de degradação dos materiais.

Em um segundo momento, estudaremos todos os principais **tipos de corrosão** e os **ambientes** nos quais eles mais ocorrem, com foco nos aspectos qualitativos e quantitativos (**taxa de penetração de corrosão**, por exemplo).

Ao término da aula, trouxe várias questões de diferentes bancas, além de questões **CESPE/CEBRASPE** e **CESGRANRIO**, para que você tenha uma preparação exemplar e abrangente sobre o tema, com diferentes perfis dos certames já elaborados.

Como de praxe, não deixe de seguir minhas redes sociais a fim de ter acesso a conteúdo exclusivo sobre **questões comentadas e dicas pertinentes**:



[profcanelas](https://www.instagram.com/profcanelas)



t.me/profcanelas



INTRODUÇÃO A CORROSÃO

Estrategista, a **corrosão** pode ser entendida como um tipo de **ataque destrutivo** de um metal, por meio de um mecanismo que vimos lá no Ensino Médio chamado de **eletroquímico**. Ou seja, podemos dizer que a **corrosão** é um fenômeno que está relacionado com a **deterioração** do material em certas condições.

“Perfeito, Professor, mas quais condições são essas?” Excelente, Coruja! Na realidade, as condições são inerentes a modificações químicas e eletrônicas que podem ocorrer no meio no qual esse material está inserido e que vão estabelecer os princípios da **eletroquímica**.

Lá no Ensino Médio foi ensinado (ou deveria) os princípios das reações de **oxirredução**. Oras, sem adentrar nas especificações da disciplina como cálculo do NOX (número de oxidação) de cada elemento (pois não precisaremos disso), é importante lembrarmos os **princípios básicos** que fazem parte desse conceito.

O primeiro princípio que eu quero que você lembre é o da **estabilidade de metais**. Oras, e por que falaremos dos metais? Porque eles são, de fato, os materiais que irão cair na sua prova! Quando a gente estuda a natureza dos metais (ferro, alumínio, cobre, etc.) podemos os encontrar na sua forma **iônica** ou **metálica**.

“Como assim, professor?” Oras, exatamente como você, leu, Coruja! Podemos encontrar o ferro, por exemplo, na sua fórmula metálica (lá quando a gente encontra uma barra sólida de ferro ou como minério ou como uma liga metálica – como no aço) e **estabilizado** – ou seja, ele faz parte de um compartilhamento de elétrons por meio de um ligação metálica com outro composto e, por isso, estabilizado.

Esse mesmo ferro, Coruja, quando, por exemplo, está em nosso sangue (sim, temos o ferro na nossa hemoglobina) ele está na sua fórmula **iônica**. Ou seja, ele possui **carga** e, assim, atua como um **íon** (Fe^{2+} ou Fe^{3+} , por exemplo). Por isso, Estrategista, é que não somos atraídos por um ímã e nem o Magneto no X-Men conseguiria puxar o Wolverine sem ter *adamantium* em seu corpo (olha a viagem! Rs). Pegou o “bizu”?

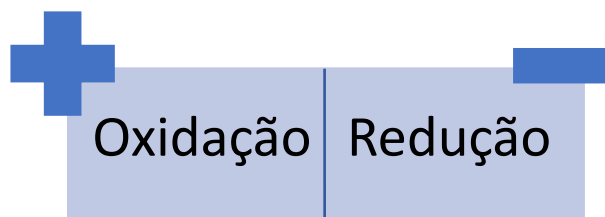
Na natureza, Estrategista, poucos metais estão na sua fórmula estabilizada, como **ouro** (Au) que não se encontra em forma de **cátion** (com carga positiva) como a maioria dos metais (ferro, por exemplo). Isso porque o **cátion** (íon com carga positiva) do ferro, por exemplo, se encontra como minério ligado a óxidos, carbonatos, enxofre, etc., E que precisa de um processo (siderurgia) para se extrair esse ferro o mais “limpo” possível para indústria. Até aqui, “ok”!

Mas, por que eu disse tudo isso, Coruja? Porque é importante entender que quando temos o metal em seu estado **sólido**, teremos ele em sua fórmula **metálica** e **estabilizada** (sem carga) e, quando ele estiver diluído em água na forma de **íons** (como, Fe^{2+} ou Fe^{3+}), teremos a manifestação da **corrosão** (a depender das condições) que costumávamos ver lá na **pilha eletroquímica** do nosso colegial.



Dentro dessa lógica, Estrategista, o processo de **perder** elétrons e ficar **positivo** (saindo de um elemento neutro, estabilizado, como o Fe^0 e se tornar um cátion, Fe^{2+} ou Fe^{3+}) é denominado **oxidação** (base da nossa corrosão, pois vai fazer com o material seja corroído, deteriorado, efetuando a perda de material).

Por outro lado, quando o cátion desse mesmo ferro **ganha elétrons** e fica mais negativo (como o Fe^{2+} ou Fe^{3+} que **recebe** elétrons do meio ou de outro elemento, como veremos), temos o processo de **redução**. Por isso, associe sempre que quando o **elemento fica positivo**, temos a **oxidação** (doar/perde elétrons). Ao passo que quando o elemento fica **negativo**, temos **redução** (recebe elétrons):



Alinhado a esse raciocínio que desenvolvemos, Coruja, lembre-se sempre do “bizu” para não esquecer na hora da prova (oxi**d**ação tem “d” de do**a**ção de elétrons e redu**ç**ão tem “r” de rece**b**imento de elétrons):

Oxidação	Redução
o	e
a	c
	e
	b
	e

Oras, Coruja, e aí que entra a relação eletroquímica que comentei, pois teremos substâncias que terão **maior capacidade** de retirar elétrons de outras. Para medir esses valores, surge, experimentalmente, a famosa **série de potencial de eletrodo** (veremos a seguir) com base no padrão de **potencial** do **hidrogênio**, que é assumido como 0,0 V (apenas uma medida padrão para a determinação dos demais potenciais de outros elementos).

Assim, a partir das **semirreações** (nome dado a uma etapa da reação global de um processo de oxidação e redução) teremos os valores de potenciais de eletrodo para cada elemento no **estado padrão** (1 atm, 25°C e concentração de 1 mol/L das substâncias).



Na tabela abaixo, Coruja, temos os **potenciais de eletrodo** de cada semirreação de equilíbrio elencada por parte da doutrina. Nela, também chamada de **série de eletrodo**, podemos perceber, por conta dos sinais do potencial que estamos lidando com semirreações de **oxidação** (ou seja, os elementos em sua formas neutras e estáveis, **doando** elétrons para sua forma em **íon**). Assim, percebemos que os elementos com maiores valores **positivos** possuem **maior tendência** em **doar** elétrons que o hidrogênio (claro, valores são maiores). Lindo! Assim, um exemplo:



Ou seja, na tabela¹ abaixo, vemos os valores para o **ferro** e para o **gás hidrogênio**. Veja que na oxidação, o ferro tem maior tendência em doar os elétrons (2 elétrons) e ficar na forma iônica (cátion, Fe^{2+}) do que o hidrogênio, pois um possui um potencial de eletrodo na oxidação de +0,44 V e o outro +0,0 V.

	Equilíbrio metal-íon metálico	Potencial do eletrodo (a 25°C, 1 atm e 1mol/L)
Ativos ou anódicos ↑	K-K ⁺	+ 2,92
	Ca-Ca ²⁺	+ 2,90
	Na-Na ⁺	+ 2,71
	Mg-Mg ²⁺	+ 2,40
	Al-Al ³⁺	+ 1,70
	Zn-Zn ²⁺	+ 0,76
	Cr-Cr ³⁺	+ 0,74
	Fe-Fe ²⁺	+ 0,44
	Ni-Ni ²⁺	+ 0,25
	Sn-Sn ²⁺	+ 0,14
	Pb-Pb ²⁺	+ 0,13
	Fe-Fe ³⁺	+ 0,045
Referência	H ₂ -H ⁺	0,00
Nobres ou catódicos ↓	Cu-Cu ²⁺	- 0,34
	Ag-Ag ⁺	- 0,80
	Pt-Pt ²⁺	- 1,20
	Au-Au ²⁺	- 1,50

¹ Adaptado de CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986 e CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Ou seja, na série acima, temos que, quando comparamos dois elementos dessa série (por exemplo, o Magnésio e o Ferro), temos que o primeiro irá **oxidar** mais **facilmente** que o **segundo**, pois seu valor de potencial é **maior** que o segundo na oxidação. Mesma lógica com o hidrogênio. Veja na tabela acima.

Já na semirreação de **redução**, Coruja, que é utilizada por parte da doutrina e que pode aparecer para você, possui mesmos valores, mas os **sinais opostos**. Oras, é claro! Como o sentido está sendo invertido, o sinal do potencial de eletrodo também será invertido. Se na **oxidação** temos valores positivos e negativos em relação ao parâmetro estipulado (potencial de eletrodo do hidrogênio), na **redução** teremos valores opostos para cada um dos elementos que mostrei acima na primeira tabela.

Assim, sempre, aquele elemento que tem **maior tendência em doar elétrons (oxidação) terá menor tendência em receber elétrons (redução)**. Oras, não visualizou? Vamos ver, novamente, as semirreações do ferro e hidrogênio, agora, na **redução** (recebendo, capturando elétrons). Lembra que disse que os sinais serão opostos, certo? Olha na tabela a seguir:



E o que as duas semirreações querem dizer? Que o **ferro** é pior na captura de elétrons (no recebimento) que o **hidrogênio**, por exemplo (claro, seu potencial de eletrodo é menor). Porém, se compararmos com o **zinco**, o **ferro** é melhor na captura/recebimento de elétrons, pois possui um potencial **maior** (veja na tabela², a seguir).

	Reação do eletrodo	Potencial do eletrodo (a 25°C, 1 atm e 1mol/L)
Menos ativos (inertes) ou catódicos ↑	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Au}$	+ 1,42
	$\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1,23
	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Pt}$	+ 1,2
	$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}$	+ 0,80
	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+ 0,77
	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 4(\text{OH}^{-})$	+ 0,40
	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+ 0,34
Referência	$2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2$	0,00
Mais ativos ou anódicos ↓	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb}$	- 0,12
	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}$	- 0,13
	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ni}$	- 0,25
	$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}$	- 0,28
	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cd}$	- 0,40
	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}$	- 0,44
	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cr}$	- 0,74

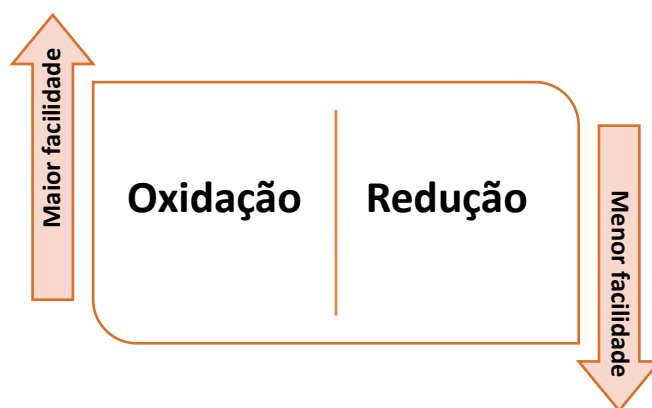
² Adaptado de CALLISTER, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	- 0,76
	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	- 1,66
	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	- 2,36
	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	- 2,71
	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	- 2,92

Essa tabela, Coruja, proveniente de outra parte da doutrina é a **mesma coisa** que a anterior. A diferença é que possui um ou outro elemento a mais e que os valores dos potenciais estão com sinais opostos. E sabe o porquê? Oras, como falei, porque ela simplesmente representa as semirreações de **redução**. Só isso! Por isso, os sinais são opostos ao da primeira tabela. Eu só coloquei ambas, pois elas podem vir a aparecer na sua prova e não quero que você ache que seja algum problema no “dia D”, certo?

Em resumo, eu preciso que você compreenda que quem tem **maior facilidade** para **doar (oxidar)** tem **menor facilidade** para **receber (reduzir)** elétrons. Show? Veja:



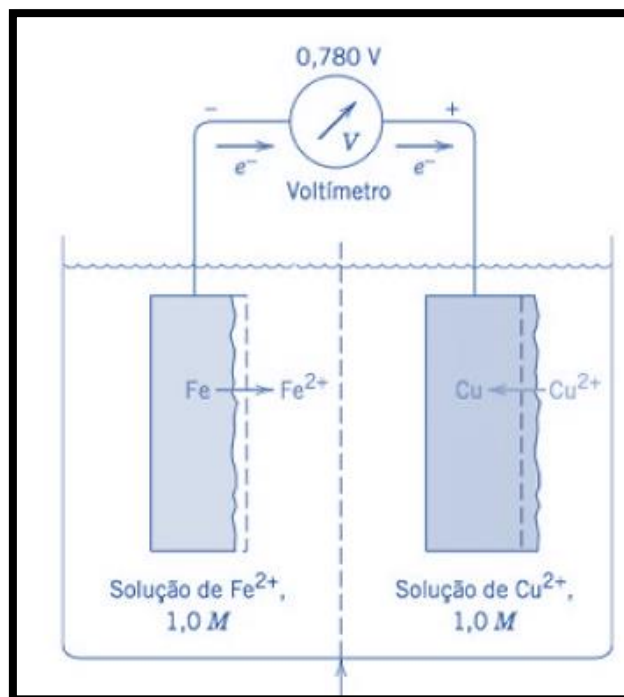
Pilha eletroquímica – eletrólitos e células galvânicas

Coruja, o mesmo raciocínio que trabalhamos até aqui se aplica ao conceito da **pilha eletroquímica**. Oras, vimos que a depender da relação entre os materiais que compõem a série eletroquímica (série de potencial de eletrodo) dos materiais, teremos um material **oxidando** ao passo que outro irá **reduzir**, certo? Por isso, surge o conceito de **ânodo** (ou anodo, as duas formas podem ser escritas) e **cátodo** (ou catodo).

Nesse sentido, o **ânodo**, Coruja, será sempre o material que irá **oxidar** (ou seja, **doar/perder** elétrons), ao passo que o **cátodo** será sempre o material que irá **reduzir** (ou seja, **receber** elétrons). Vamos ver um exemplo entre dois metais: cobre (**Cu**) e o ferro (**Fe**), cada um constituindo um **eletrodo** da pilha do esquema³.

³ Adaptado de CALLISTER, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.





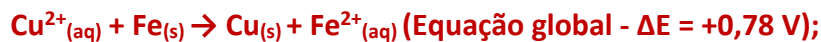
Oras, primeiramente, vamos entender esse desenho, Coruja. Temos de um lado, uma peça de **ferro** sólido (ou seja, formado por ferro sem ser no estado de íon, sem carga – Fe^0). Esse eletrodo está imerso em uma **solução** (que contém água e **íons Fe^{2+}** - ou seja, nessa solução sim, temos o ferro em forma de íon, com carga). Legal! Veja que esse eletrodo de ferro está conectado ao **outro** eletrodo de **cobre** (também puro, estabilizado – Cu^0). Como vimos na **série de potencial de eletrodo**, o **cobre** possui **maior tendência em receber** em relação ao **ferro** (veja lá na série, novamente), pois tem potencial de **redução de +0,34 V** e o **ferro** um potencial de **redução** de -0,44V (poderíamos fazer a mesma análise se usássemos potencial de oxidação), sabemos que os **elétrons** do eletrodo de ferro vão ser **transferidos** para o eletrodo de **cobre**.

Veja na figura que temos esse elétrons sendo transferidos e passando pelo voltímetro indo do ferro para o cobre. Logo, nessa pilha, temos o eletrodo de ferro sendo o **ânodo** (oxidando, doando elétrons) e o eletrodo de cobre sendo o **cátodo** (reduzindo, recebendo elétrons). Lindo, né? Oras, o que vai acontecer depois de um tempo? Teremos o seguinte, Coruja: o eletrodo de ferro vai ficar cada vez mais **positivo** (claro, está perdendo elétrons) e, assim, vai perder, por conta da **eletronegatividade** da **água** (claro, a água tem oxigênio e uma parcela de sua fórmula muito negativa e vai retirar o ferro positivo do eletrodo), cada vez mais **material!** Ou seja, ele será **corroído!** Essa é a mesma lógica da **corrosão!**

Do outro lado, os íons Cu^{2+} (cátions do cobre que está dissolvido na solução e não do eletrodo) vai começar a se **depositar** na placa, pois, nesse eletrodo, o acúmulo de elétrons proveniente do eletrodo de ferro irá atrair os íons positivos do cobre que “grudará” na placa, **aumentando** sua espessura.

Esse processo que acabei de descrever para você é, nada mais, nada menos, que uma reação de **oxirredução** que ocorre nas pilhas eletroquímicas, promovendo a corrosão. Esse exemplo, possui como equações:





Perceba, Coruja, que cada semirreação somada dá luz a equação global. Perceba que o sinal oposto do potencial do ferro virou positivo porque nesse exemplo da pilha, ele está **oxidando**. Assim, o “delta” potencial da equação global é o somatório do potencial de cada semirreação, totalizando +0,78 V.

Essa **solução** (mistura de íons de um elemento químico em água) recebe o nome de **eletrólito** e pode ser de vários compostos ionizados.

Um outro exemplo que comumente aparece em provas é com uma **solução ácida**. Estrategista, sabemos (de novo, lá do nosso colegial) que os ácidos (a depender do autor) é caracterizado por ser um composto que quando em contato com a água é ionizado e libera íons H^{+} na água. Oras, quanto mais **ácido** (menores valores de pH - lembre-se que na escala de pH, de 7 a 0 temos um meio ácido) temos uma liberação **maior** de íons H^{+} .

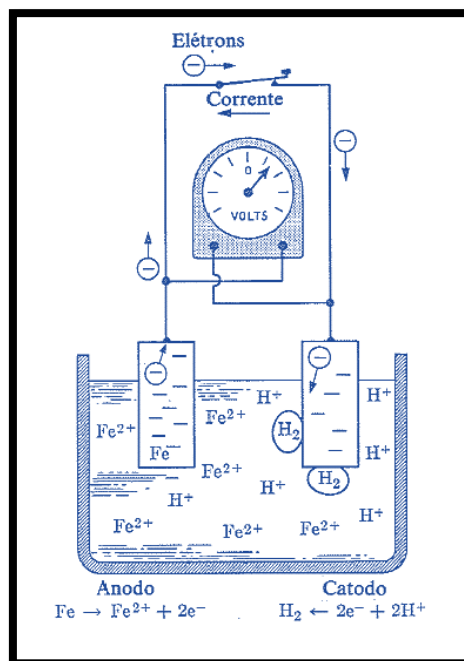
Esses íons irão “roubar” os elétrons de uma grande variedade de elementos que na série eletromotriz dos elementos possuem valores de potencial de eletrodo **maior** que o hidrogênio (como o ferro, por exemplo), na **oxidação**. Assim, em um meio aquoso (dissolução do ácido que libera íons H^{+}) temos **maior** oxidação (perda de elétrons) do elemento (como ferro) para a estabilização dos íons H^{+} formando gás hidrogênio – H_2 (facilmente perceptível pelas bolhas desse gás liberado no ambiente).

Logo, no **cátodo** de prata, por exemplo, percebemos esses cátions H^{+} (positivos) grudando no eletrodo que está **recebendo** elétrons do ferro e ficando negativo. Assim, forma-se gás hidrogênio (H_2) pela ligação entre Hs que receberam elétrons do cátodo (que por sua vez receberam elétrons doados do ferro oxidado).

Esse cenário a gente pode ver na figura⁴ a seguir:

⁴ Adaptado de VAN VLACK, L. H. Princípios de Ciência dos Materiais. Editora: Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1970.





É a mesma lógica da primeira pilha com cobre e ferro, Estrategista. Todavia, resolvi incluir esse exemplo, pois eu quero que você se atente ao fato de que quanto **maior** for a acidez de uma solução e isso se dá pela **maior diluição** de um ácido em água (pois mais íons H^+ estarão dissolvidos), teremos uma **corrosão** do ferro **maior** ainda.

Um exemplo é com o **ácido sulfúrico**, cuja fórmula molecular é H_2SO_4 . Esse é um ácido forte e **em soluções aquosas** sofre ionização da água H_2O (precisamos da presença de água) formando íons (cátion hidrônio) H_3O^+ . Esse ocorre porque a molécula de água é muito eletronegativa por conta do oxigênio. Esse hidrônio é comumente chamado na literatura pelo bom e velho íon H^+ que tanto falamos (tudo isso, vem do ensino médio, Coruja e é a base para nossa compreensão). Oras, veja as reações de ionização:

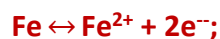


Perceba, Coruja, que temos o cátion hidrônio (H_3O^+) sendo formado pela reação junto com o ânion sulfato (SO_4^{2-}). Como disse, na literatura, a fim de não tornar explicações extensas, coloca-se direto o íon H^+ que vimos na corrosão em uma equação mais simples mostrando na ionização do ácido que ele já está associado com a água e forma esses íons. Veja:



Legal, e por que estou contando isso para você? Porque quanto **mais diluído** esse ácido sulfúrico estiver (em maiores quantidades de água – H_2O), mais íons H^+ serão liberados na solução. Oras, se temos mais H^+ na solução, **maior** será a corrosão, pois para se estabilizar e formar gás hidrogênio (H_2), os íons H^+ vão roubar **elétrons do ferro** nas equação que já vimos, por meio do **cátodo**:



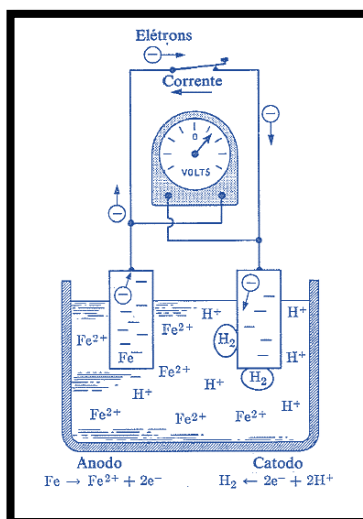


Por isso, se o ácido estiver **mais concentrado** (e menos diluído em água, conseqüentemente) teremos uma corrosão menor (vai ocorrer, mas em menor grau), pois na reação química, rapidamente é formada uma camada de **sulfato de ferroso** (FeSO_4) que se estabiliza e forma uma camada na peça da liga metálica. ;

Além de tudo isso, também temos na água ânions OH^- (em menor quantidade), mas também existente, devido **a ionização que a própria água sofre** (relaxa, não precisa entrar nesses detalhes! Só preciso que você entenda da onde vem a ferrugem). Assim, essa reação de formação desse ânion se dá pela seguinte equação química:



Essa equação constitui um **equilíbrio iônico**, Coruja, pois ela é reversível. De acordo com princípio de Le Chatelier (relaxa, novamente, vem lá da química do ensino médio e você só precisa saber o que eu te contar), quando alteramos a concentração dos produtos ou dos reagentes, a equação tende a compensar, **deslocando** o equilíbrio para o sentido inverso. Oras, não disse que teremos **maior concentração** de íons H^+ pela ionização do ácido? Assim, temos uma aumento da formação de gás H_2 formado com os elétrons que vieram do eletrodo do ferro para o cátodo que é o eletrodo de prata da figura (veja novamente a figura para não ter que ficar subindo a página aí):



5

Teremos, assim, um breve momento de diminuição da concentração de íons H^+ e, conseqüentemente, pelo princípio de Le Chatelier que descrevi, teremos um **aumento** da concentração de íons OH^- . Coisa linda! Esses íons (ânions, porque são negativos) vão para onde, Coruja? Oras, ia falar um

⁵ Adaptado de VAN VLACK, L. H. Princípios de Ciência dos Materiais. Editora: Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1970.



palavrão aqui para fazer uma piada, mas não. Você imaginou (rs). Eles irão para a o nosso **ferro!** Óbvio! Ele está perdendo elétrons, certo? Ficando, assim, positivo e gerando, na sua superfície, íons Fe^{2+} ou Fe^{3+} , por exemplo. Dessa forma, os íons OH^- próximos ao cátodo começa a boa e velha **ferrugem** que nada mais é que **hidróxido ferroso** ou **férrico** - $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$, respectivamente. Coisa linda, não?

Parte da doutrina específica, Estrategista, ainda menciona que, por conta de o **ferro** ser um átomo menor, lá na nossa pilha formada da figura acima, ele vai ao encontro dos íons OH^- (esses, são maiores), formando, por conta dessa diferença, a ferrugem no lado do cátodo e não do ânodo. Mas isso é um detalhe que nunca será cobrado na sua prova (vai por mim).



Coruja, para fecharmos essa parte, quero que você esteja a par de dois conceitos: o de **agente redutor** e de **agente oxidante**. Moleza, Coruja! Apesar de não ser cobrado, é bom você saber que o **agente redutor** é quem **faz, executa** ou **promove** a **redução** (do outro elemento). Logo, o agente redutor é quem **sofre a oxidação**. Por outro lado, o **agente oxidante** é quem **faz, executa** ou **promove** a **oxidação**. Logo, ele é quem **sofre a redução**.

Estrategista, esses dois exemplos que descrevi para você (tanto do ferro com o cobre, quanto do ferro com o hidrogênio) descrevem as famosas **células galvânicas**. Elas são caracterizadas por um **par de elementos** no qual um será o **ânodo** (doará elétrons, pois oxida) e o outro o **cátodo** (recebe elétrons, pois reduz).

Coruja, basicamente, temos **3 tipos** de células galvânicas: **células de composição**, **células de tensão** e **células de concentração**.

Oras, na **célula de composição**, temos a união de dois materiais diferentes (um com maior potencial de eletrodo e outro com menor). O material (metal) de maior potencial fornecerá elétrons (atuará como **ânodo**) para o metal de menor potencial. Ou seja, enquanto houver material, o de menor potencial será o cátodo e **não será corroído pelo meio** (já que está recebendo elétrons do outro material).

Esse exemplo é ilustrado com o **zinco** e o **ferro**. Por conta da série de potencial de eletrodo, o **zinco** é o **ânodo** e fornece elétrons para o ferro, protegendo-o da corrosão. Esse cenário acontece, mesmo se uma placa de aço não estiver totalmente coberta por zinco.

Todavia, cenário diferente acontece caso o revestimento seja de **estanho**. Nessa situação, a camada de **estanho** precisa estar **completamente coberta**. Essa proteção existe, pois o estanho tem um potencial muito próximo (ligeiramente superior) ao do hidrogênio (parâmetro da série de potencial que vimos como

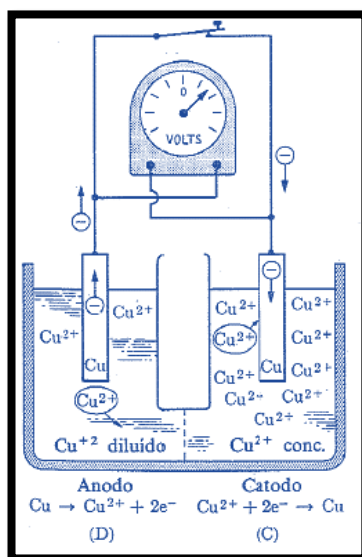


“0”). Assim, se não tiver nenhum **furo**, a proteção ocorre, pois a velocidade de corrosão entre estanho e meio é limitada.

Agora, se essa camada de **estanho for perfurada**, ferrou! O **ferro** possui **maior potencial de eletrodo que o estanho** e, por conta disso, no meio corrosivo, ele irá atuar como **ânodo** para o estanho, fornecendo elétrons e sofrendo corrosão. Inclusive de maneira muito agressiva, pois é uma pequena área de ferro da placa de aço (furo) para todo o resto da extensão de estanho (que está em corrosão com o meio) já que a densidade de corrente é expressa em termos de unidade de área.

O segundo tipo, as **células de tensão**, acontece nos **contornos de grãos** quando há uma diferença de potencial de eletrodo nos átomos dos contornos e os átomos no **interior dos grãos**. Assim, forma-se um **ânodo** e um **cátodo**, como já vimos. A tensão surge, pois nas zonas de contornos de grãos eles não estão em posição de menor energia. Por conta desse mesmo princípio, é que materiais trabalhados à frio, na região encruada, tem-se **tensão** fazendo que ela atue como **ânodo** em relação a região não encruada (que será o **cátodo**).

O terceiro tipo, as **células de concentração**, tem relação com a **concentração de íons no eletrólito** (solução que constitui o meio no qual os íons estão dissolvidos). Logo, para certos metais, por conta da concentração de seus íons Cu^{2+} (como na figura a seguir, no caso do cobre) ser **maior** de uma lado (lado C, da figura), tende os elétrons, no instante que são conectados os dois eletrodos de cobre puro (Cu^0), a irem para o eletrodo do lado C, promovendo a **redução** desse eletrodo e a **oxidação** do eletrodo do lado D. Veja:



6

Outro exemplo prático de célula de concentração são em placas de aço (que contém ferro na liga) armazenadas e empilhadas. Oras, a região com menor concentração de oxigênio (deficientes desse gás, pois

⁶ Adaptado de VAN VLACK, L. H. Princípios de Ciência dos Materiais. Editora: Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1970.



são menos acessíveis, como o centro da placa), acaba virando um **ânodo** na mesma peça em relação a áreas mais expostas ao ar atmosférico (rico em oxigênio), como nas bordas as placas.

Essas bordas funcionam como **cátodo** na própria peça, gerando corrosão. Além disso, sujeiras e outros materiais também dão origem a esse princípio e forma célula de concentração, aumentando a corrosão. Por isso, Corujinha, sempre mantenha limpo aquela sua moto, carro ou qualquer instrumentos metálicos, com produtos específicos ;).

Série Galvânica

Coruja, para fecharmos essa parte, vamos ver a famigerada **Série Galvânica**. Sem stress, Coruja! Ela nada mais é que um série (óbvio) que nem a de potencial de eletrodo. Todavia, ela representa as reatividades relativas dos diversos metais e ligas em outro meio: **água do mar**. É isso. Nada mais que isso. Claro, as ligas mais próximas do topo são **catódicas** em relação as demais mais próximas da base. Veja:

	Platina
	Ouro
	Grafita
	Titânio
	Prata
	[Aço inoxidável 316 (passivo)
	[Aço inoxidável 304 (passivo)
	[Inconel (80Ni-13Cr-7Fe) (passivo)
	[Níquel (passivo)
	[Monel (70Ni-30Cu)
	[Ligas cobre-níquel
	[Bronzes (ligas Cu-Sn)
	[Cobre
	[Latões (ligas Cu-Zn)
	[Inconel (ativo)
	[Níquel (ativo)
	Estanho
	Chumbo
	[Aço inoxidável 316 (ativo)
	[Aço inoxidável 304 (ativo)
	[Ferro fundido
	[Ferro e aço
	Ligas de alumínio
	Cádmio
	Alumínio comercialmente puro
	Zinco
	Magnésio e ligas de magnésio

7

⁷ Adaptado de CALLISTER, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



Taxa de Penetração da Corrosão - TPC

Coruja, a **taxa de corrosão** de um dado material, de acordo com a literatura específica⁸, é uma consequência direta da ação química e um importante parâmetro sobre esse efeito para os engenheiros e engenheiras. A doutrina costuma chamar de **Taxa de Penetração da Corrosão (TPC)** que é dada por:

$$TPC = \frac{KW}{\rho At};$$

Na qual:

- **W:** é a perda de massa após um tempo de exposição “t”, em mg;
- **t:** é o tempo de exposição ao meio corrosivo, em horas;
- **p:** é a densidade do material, em g/cm³;
- **A:** é a área exposta da amostra desse material, em cm²;
- **K:** constante que irá variar de acordo o sistema de unidades utilizados.

Perceba que a constante “k” irá variar com o sistema de unidades, certo? Isso porque a TPC pode ser expressa em mils/ano (1 mils = 0,0254 milímetros) ou em mm/ano. Se for em mils/ano (mais comum em países como EUA) seu valor é k = 534 e a área “A” é expressa em polegadas quadradas. Se for em mm/ano, temos k = 87,6.

Sobre a TPC, Estrategista, é isso que você precisa saber para sua prova. Vamos ver, agora, mais um conceito importante (**passividade** das ligas metálicas) e partiremos para ver os **tipos de corrosão** e modos de **prevenção**! Avante!

Passividade de ligas metálicas

Estrategista, a **passividade** (ou **passivação**) de metais ou de ligas metálicas é um fenômeno que ocorre, a grosso modo, **cessando a corrosão e oxidação** da liga metálica. Alguns elementos químicos acabam exibindo esse fenômeno em certas condições ambientais específicas, como: **cromo, ferro, níquel, titânio**, etc.

A passividade, Coruja, acaba sendo explícita, na prática, pela formação de uma **fina camada de óxido de elemento** que acaba tornando a reatividade química da liga inerte e parando com a corrosão/oxidação da peça.

Um exemplo prático, é a liga metálica do **aço inoxidável**. Sabemos que esse aço possui, além de outros elementos de liga, o **cromo** em elevados teores (acima de 10%). A característica desse aço é ser

⁸ Adaptado de CALLISTER, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



resistente a oxidação e à corrosão, porque o cromo, em contato com o oxigênio atmosférico, forma **óxido de cromo (Cr_2O_3)**. Assim, essa camada de óxido acaba protegendo a superfície da peça e **interrompendo** a oxidação e corrosão que havia começado.

Agora, atenção! A passivação ocorre depois de uma oxidação, na qual irá ocorrer a formação de óxido de cromo e, assim, a película fina desse óxido irá fazer com que a oxidação seja estagnada. Todavia, ocorre, em um primeiro momento, uma oxidação, ok?

Outro exemplo, é o do alumínio que também é altamente resistente à corrosão em vários ambientes (como no ar atmosférico). Por isso, uma bicicleta de alumínio vale bem mais que uma de aço carbono. A mesma lógica é aplicada ao alumínio, Estrategista, em relação ao oxigênio atmosférico.



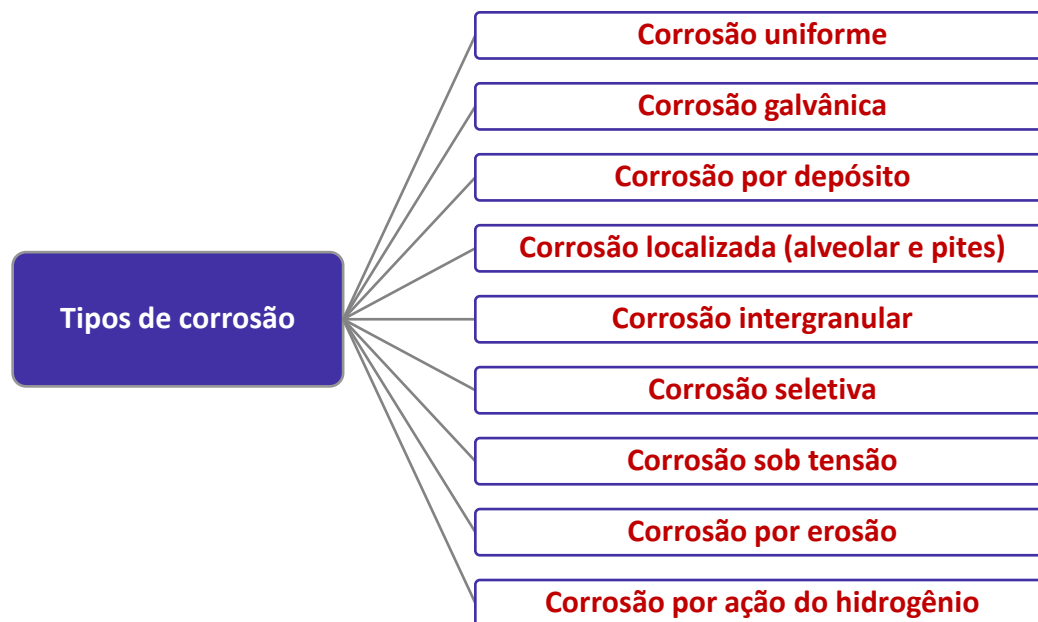
Um método de passivação que já foi cobrado em prova é a famosa **oxidação negra** (ou **preta**). Tranquilidade! Ela nada mais é que um **banho** químico de natureza **alcalina** que gera um revestimento exterior em metais ferrosos que garante a resistência à corrosão. Basicamente, quando o metal ferroso adentra o banho, gera uma camada de magnetita (Fe_3O_4) que impede a ferrugem e retarda a corrosão. ;)

Tipos de corrosão

Coruja, agora veremos os principais tipos de corrosão. Basicamente, temos **9 tipos** elencados pela doutrina específica⁹. Comumente, outros autores podem vir a chamar por outros nomes, mas comentarei dentro de cada tipo. Normalmente, o que muda são os **fatores** que dão origem a esse problema no mundo real. Assim, memorize o esquema a seguir:

⁹ CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.





Veremos, agora, Estrategista, cada tipo de corrosão com suas particularidades. “Avante”, Coruja!

Corrosão uniforme

Coruja, basicamente, o que você precisa saber é que esse tipo é o **mais agressivo** na destruição dos materiais. Isso se dá, basicamente, porque ela ocorre de maneira generalizada, devido ao ataque químico ou eletroquímico em uma **vasta área de superfície da peça**. É isso que você precisa saber sobre esse tipo, Estrategista!

Corrosão galvânica

Nesse tipo, temos a corrosão formada quando **dois metais** ou **ligas metálicas** com **composições químicas** diferentes são acoplados eletricamente e expostos a um eletrólito (é a corrosão que surge pelos processos que vimos na primeira parte da aula, Estrategista, sem mistério!). Ou seja, potenciais de eletrodo diferentes para cada material, surge a relação entre **ânodo** (de novo, ânodo é o quê, mesmo? Doador de elétrons, pois ele oxida) de um com o **cátodo** (... isso, receptor de elétrons, pois sofre redução) do outro.

Assim, ela surge pela diferença entre um metal ou liga nobre (catódico) e um metal ou liga menos nobre (ânodo). Temos como exemplo, Coruja os parafusos de aço que corroem em contato com latão em ambiente marinho e tubulação de cobre e de aço unidas (aço corrói na junção).

Um fator que influencia e muito na taxa de corrosão nesse tipo, Coruja, é a **relação de áreas** dos materiais que serão o **ânodo** e o **cátodo**. Oras, claro. Imagina que dois metais unidos, um ânodo super pequeno (área menor) que o outro metal que é o **cátodo** em relação a ele e com área maior. Nossa! A corrosão será muito acentuada, pois irá ocorrer de maneira mais rápida, pois uma área de cátodo maior receberá mais elétrons.



Por conta disso, a fim de se evitar esse tipo de corrosão, é nítido que as junções de metais deve considerar aqueles que estão **próximos na série de potencial de eletrodo e na série galvânica** que vimos. Materiais muito distantes nas séries, temos uma intensificação do problema.

Além disso, deve-se sempre tentar aumentar a área do material que será o **ânodo** e isolar os dois materiais sempre que possível. Depois, veremos um método de proteção (a **proteção catódica**) que também pode ser aplicado nessa situação, pois consiste em um outro material **anódico** aos outros dois e que pode ser corroído.

Corrosão por depósito

Esse tipo de corrosão, Coruja, acontece em um lugares das peças que possuem **entalhes** ou **frestas** (por isso, também é denominada de **corrosão por frestas**). Ela nada mais é que um tipo de corrosão que segue a lógica da **concentração** de certos íons provenientes de **depósitos** específicos (como areia, sujeira e substâncias sólida). Esse tipo de corrosão, por conta dessa natureza, pode ser observada, inclusive, na mesma peça, mas em regiões diferentes, como vimos, quando vimos os tipos de células galvânicas.

Nesse sentido, a **corrosão** vai ocorrer na região com menor concentração de **oxigênio**. Basicamente, a reação que ocorre na região rica em oxigênio é dada por:



Oras, esses elétrons que estão reduzindo o oxigênio na região do **cátodo** vem do metal que possui defasagem de oxigênio da atmosfera (por conta da fresta ou região não ter a convecção de ar). Assim, na fresta, essa equação cessa e, nas regiões onde possuem abundância de oxigênio, ela continua. E os elétrons continuam sendo fornecidos das regiões sem oxigênio (que viram **ânodo**).

Essa lógica dá origem a um tipo de corrosão chamada a **pilha de aeração diferencial**. Ela surge em tipos de condições de exposição do material em relação a diferentes **concentrações** de **oxigênio**. Nesse sentido, a região do material que possui **menor concentração** (seja de íons, como na pilha de concentração iônica, seja de oxigênio) será degradada (sofrerá corrosão) enquanto a de **maior concentração** será protegida. Isso se deve a **diferença** de concentração na reação química de oxirredução do ferro (o ferro tende a perder elétrons para se estabilizar, ao passo que o oxigênio rouba esses elétrons):



Um outro subtipo corrosão por fresta considerado por parte dos especialistas em métodos de prevenção, é a **corrosão filiforme** (parte da doutrina a considera como um tipo a parte de corrosão). Aqui o que você precisa saber é que ela existe e que a sua principal característica é a formação de **filamentos muito**



finos, quase sem profundidade que se propagam para direções aleatórias. É muito comum sua presença em superfícies metálicas e cobertas por **tintas ou metais**.

Corrosão localizada (alveolar e pites)

Esse tipo de corrosão, Coruja, costuma acontecer em diversos **pontos** localizados que geram orifícios na superfície do metal ou liga metálica. Normalmente, são de difícil localização por conta das dimensões e porque podem ser mascarados pela ferrugem, por exemplo.

É comum sua origem se dar por uma concentração de **íons negativos** (ânions) de **cloro** que são encontrados em soluções aquosas. Esses íons, inclusive, são responsáveis pela corrosão do **aço inoxidável** que outrora em outros ambientes, é um material resistente à corrosão.

Inclusive, para esse os aços inoxidáveis **austeníticos** (a exemplo do 18-8 – 18% de cromo e 8% de níquel), sujeito ao ataque de soluções com ácido clorídrico ou cloreto de ferro, cloreto de cobre, cloretos alcalinos (NaCl) e cloretos alcalinos-terrosos (MgCl₂), adiciona-se cerca de 2% de **molibdênio** que confere maior resistência a essa corrosão localizada.

Ainda, para fecharmos, Coruja, nesse tipo de corrosão (localizada) são enquadradas a **corrosão por Pites** (do inglês, **pitting corrosion**). A doutrina específica costuma caracterizá-la, também, como uma corrosão localizada que vai da superfície para o interior do material, em sentido vertical. Além disso, é bom você saber que no Brasil, ainda se costuma dividir, na doutrina, em **3 tipos** (podem aparecer na sua prova, mas saiba que nada mais são que a corrosão por pites que tem natureza de corrosão localizada):

- **Por placas:** em regiões maiores em certas partes da superfície metálica (não em toda a extensão da peça);
- **Alveolar:** localizada em certas regiões da superfície, formando **sulcos** (escavações, crateras) que parecem **alvéolos**, tendo um fundo mais arredondado com profundidade comumente **menor** que o seu diâmetro;
- **Pite:** também chamada de **puntiforme**, ocorre em pontos com pequenas áreas localizadas, formando os **pites**. Para a literatura brasileira, os pites são diferentes que os alvéolos, Coruja. Os pites, possuem um **fundo** que forma **ângulos** mais agudos com profundidade **maior** que o seu diâmetro (veja que é diferente da alveolar);

Por isso, atenção quanto as denominações, pois a doutrina estrangeira costuma chamar tudo de **pitting corrosion**, mas aqui no Brasil temos esses pequenos detalhes de diferença. Todavia, em ambas as literaturas, elas todos são enquadradas como **corrosão localizadas**.

Por fim, você pode encontrar uma outra denominação para a **corrosão por pites** quando há o **acúmulo de óxidos que se forma durante o processo de corrosão**. Por conta desse acúmulo, as regiões de



cavidades (pites) ficam cobertos por esses resíduos dando luz a denominação de **pites tuberculares**¹⁰, como cita a doutrina. Dessa forma, um outro subtipo de corrosão por vir associada, denominada de **corrosão tubercular** (nada mais é que a corrosão por pits que, por sua vez, é um corrosão localizada, rs).

Corrosão intergranular

Coruja, a primeira grande característica desse tipo é a sua ocorrência comumente encontrada em **aços inoxidáveis austeníticos**, com empobrecimento de um dos elementos da liga (como o **cromo**) na região dos contornos dos grãos (por isso, intergranular). Esse fenômeno é também chamado de **sensitização**, Coruja! (Memorize, porque já foi alvo de cobrança!).

Esse cenário de degradação ocorre, basicamente, porque apesar de eles serem resistentes à corrosão em temperatura ambiente, os aços inoxidáveis austeníticos quando aquecidos até uma faixa de 500 a 800°C, sofrem esse ataque.

“Tá, professor, mas... como assim? Porque isso ocorre?” Oras, Coruja, essa situação surge porque nessa faixa de temperatura, o **carbono** que compõe a liga (principalmente, quando seu teor é acima de 0,02%) costuma-se formar um composto denominado **carbeto de cromo** (Cr_3C_6). O problema é que esse composto precipita e deixa a região **empobrecida** do principal elemento contra a corrosão (o cromo). Logo, essas áreas em torno dos contornos dos grãos ficam suscetíveis à corrosão.

Entende, agora, Coruja, o porquê a **soldagem** de aços inoxidáveis ser complicada? Por conta dessas altas temperaturas atingidas na solda, pode gerar esse problema e impactar a peça em serviço no futuro. Esse defeito é largamente conhecido como **degradação da solda**.

Alguns procedimentos podem gerar certo tipo de **proteção** para que esses problemas não ocorram nos aços inoxidáveis, como:

- Submeter o material a um tratamento térmico com temperaturas **ainda mais elevadas** a fim de tornar os **carbeto de cromo** redissolvidos;
- Reduzir ainda mais o teor de **carbono** da liga a fim de minimizar a formação dos carbeto de cromo;
- Utilizar outros elementos de liga, tais como **nióbio** ou **titânio** (pois apresentam maior tendência em formar carbeto de cromo);

Além dos aços inoxidáveis austeníticos, ligas como o de **alumínio de alta resistência** (duralumínio, por exemplo), e certas ligas de cobre e de magnésio, ligas de zinco par fundição, entre outras, também podem sofrer esse problema.

¹⁰ GENTIL, V. Corrosão. 6.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2011



Corrosão seletiva

Também chamada por parte da doutrina como **lixívia seletiva**, tem como maior exemplo desse tipo, Coruja, a famosa **dezincificação**. Ela nada mais é que a **remoção (lixiviação)** de **zinco** da liga de **latão** (Cu-Zn). Esse processo é feito em diferentes fases: na primeira, temos o latão começando se dissolver. Na segunda, íons de zinco permanecem na solução e há a formação de um resíduo rico em cobre recobrindo a superfície da liga da peça (daí a coloração avermelhada característica).

Uma forma de **prevenção** desse tipo de corrosão, Estrategista, é usar ligas de latão com **menor** teor de **zinco** que as normais (que levam cerca de 30% de zinco), como, por exemplo, latões com cerca de 15% desse elemento.

Outro tipo comumente encontrado é a **corrosão gráfica** que vai ocorrer em ligas cujo teor de **carbono** (por isso, o nome “gráfica”) é elevado e ϵ^3 á no estado livre. Assim, a corrosão gráfica tem como seu maior exemplo o **ferro fundido cinzento** e, em segundo lugar, o nodular. Dessa forma, pode surgir uma pilha pela relação do **ferro** em contato com um eletrólito do ambiente e o **grafita**.

Assim, o ferro age como anodo (doando elétrons) para a grafita que age como catodo. Logo, o ferro vai corroendo e sobrando somente a grafita. Esse, também, é um exemplo de corrosão seletiva e recebe o nome de **grafitização**. Não é comum ocorrer no ferro fundido branco, pelo fato do carbono estar estabilizado em cementita em maiores teores que nos demais tipos.

Corrosão por erosão

A característica principal desse tipo de corrosão, Estrategista, é o **movimento relativo** entre o **meio corrosivo** e o **metal** ou **liga metálica**. Ou seja, falou nesse “bizu”, você precisa lembrar desse tipo de corrosão.

Por conta desse movimento do meio (movimento físico do fluido), acaba ocorrendo a destruição das camadas que protegem a superfície da peça, surgindo regiões anódicas do metal em contato com grandes extensões catódicas do meio, por exemplo.

Normalmente, esse tipo de corrosão é identificada pela presença de extensas **ranhuras** ou **ondulações** superficiais que caracterizam contornos de escoamento de um fluido.

Preciso nem dizer, Coruja, que, conforme se aumenta a velocidade de deslocamento do fluido, mais intensificada a corrosão ocorre. Por conta dessa característica, ela é muito encontrada em tubulações, principalmente, nos **cotovelos, rotores, turbinas e peças que geram mudanças bruscas de sentido de movimento**. Com o intuito de atenuar esse tipo de corrosão, costuma-se empregar tubulações com **diâmetros maiores**, tornando a **velocidade de escoamento menor** e menos turbulenta (mais laminar).



Por conta disso, um tipo muito comum é o fenômeno da **cavitação** estudo em aulas de Mecânica dos Fluidos e Bombas. As bolhas gasosas acabam gerando a erosão das hélices das bombas, por conta dos fluxos líquidos de alta velocidade e mudança de pressão.

Em um segundo tipo que é pouquíssimo explorado em provas é a **corrosão sob atrito** que também se enquadra em um subtipo de **corrosão por erosão**. Na **corrosão sob atrito** (ou por atrito), o movimento entre duas superfícies (sendo uma metálica, necessariamente), seja por vibração, seja por deslizamento, gerando em suas interfaces pequenas **ranhuras** ou **crateras** que servem de núcleo para ruptura por fadiga.

Corrosão sob tensão

Também chamada de **trincamento por corrosão sob tensão**, esse tipo de corrosão foi visto anteriormente. Comentei com você, Coruja, que ela surge da ação combinada de um tensão (por exemplo, de tração) e de um ambiente corrosivo. 3

A corrosão sob tensão pode gerar a **fratura intergranular** que se propaga nos contornos dos grãos e dela derivar uma **fratura transgranular** (que vai pelo interior deles e pode ser chamada de **transcristalina**). Este tipo de fratura é comumente encontrado em ligas metálicas (metais puros são imune, muito por conta do arranjo do seu cristalino, sem elementos de liga diferentes em altos teores).

Além disso, Estrategista, saiba que a tensão pode ser, também, **residual**, pelo processo de contração da liga por mudanças de temperaturas, por exemplo. Juntamente com a temperatura, os coeficientes de expansão diferentes de uma liga bifásica também impactam e geram essa corrosão (óbvio, cada fase terá seu coeficiente de expansão).

A literatura costuma citar como método de prevenção, Estrategista, tanto a técnica de **redução de tensão abaixo de um valor crítico**, reduzindo-se as **cargas** que geram a tensão, quanto pelo aumento da seção da peça, além da **eliminação do ambiente** prejudicial. A **modificação da liga** (seus elementos) também é uma opção, além da aplicação da **proteção catódica** e **inibidores** (veremos a seguir esses métodos).

Corrosão por ação do hidrogênio

Esse tipo de corrosão também é comumente conhecido por **fragilização pelo hidrogênio** e nasce por conta da **interação do hidrogênio** (vimos na primeira parte da aula) com os **metais**.

Nesse sentido, pela presença de hidrogênio nas soluções, é comum que **depois de ele se estabilizar** na forma atômica (H) e **sem virar o gás hidrogênio** (H₂), **penetre** no retículo do metal ou liga, difundindo-se intersticialmente pela rede cristalina. Esse fenômeno pode gerar o **trincamento** da liga metálica. Inclusive, é um tipo de problema também preocupante em processos de soldagem.

A doutrina específica cita, Coruja, que os aços de alta resistência são suscetíveis à fragilização por hidrogênio e, normalmente, uma maior resistência tende a aumentar essa suscetibilidade do metal e liga



metálica. Os aços martensíticos, por exemplo, são vulneráveis, ao passo que os aços bainíticos, ferríticos e globulizados são mais resistentes. Tudo isso por conta das diferenças de microestruturas que impactam na dissolução do H.

Algumas técnicas são citadas para a prevenção desse tipo de corrosão. Entre elas, a óbvia – tentar reduzir as concentrações de hidrogênio, pela eliminação de sua fonte; o cozimento da liga em temperatura elevada que possa eliminar o hidrogênio dissolvido no retículo e a diminuição da resistência à tração da liga, tornando mais **dúctil** (e mais resistente a esse trincamento que vimos).

Prevenção da corrosão – métodos de proteção

Estrategista, existem diferentes métodos a fim de garantir a **proteção** dos materiais quanto a corrosão. Podemos dizer que vão desde as **escolhas** **corretas** de **metais** e **ligas** que possuam resistência a determinado ambiente, **alteração desse ambiente** (como vimos em alguns tipos acima), uso de **revestimentos superficiais** (películas protetora pela camada formada) e até a boa e velha **proteção catódica** (que faz uso das relações entre os elementos da série de potencial de eletrodo e série galvânica).

Dentre a seleção dos materiais e ligas, podemos citar o próprio **aço inoxidável** (como o famoso aço do tipo 18-8, com 18% de cromo e 8% de níquel), bem como diferentes ligas de **alumínio**.

Em relação a **mudança de ambiente**, busca-se alterar algumas variáveis do meio, a fim de torná-lo menos agressivo, tais como: **diminuição de temperatura** (de um modo geral, o aumento da temperatura aumenta a corrosão, a exceção de água salgada em temperaturas acima da ebulição); **diminuição da velocidade** (vimos que grandes velocidades do fluido, pode aumentar a **corrosão-erosão**); **remoção de oxigênio** (tratamentos a vácuo, elimina-se o principal agente oxidante quando em contato com a água); **modificação da concentração do meio** (diminuir os **íons** que participam na oxidação do material da peça); **inibidores** (uso de substâncias que podem eliminar as reações de **redução**, como nitratos e cromatos que retiram o oxigênio do meio).

Todavia, Coruja, devemos ter atenção especial para sua prova quando falamos nos **métodos** que envolvem **revestimento superficiais** e os de **proteção catódica**. Por isso, veremos eles com mais detalhes, agora. Avante! (Relaxe, tome aquele café que falta pouco para terminarmos).

Primeiramente, vamos começar com o “queridinho das bancas” – o método da **proteção catódica!**

Proteção catódica

Simples, Coruja! Nesse método (também chamado de **proteção galvânica**) temos como base a relação eletroquímica dos materiais que compõem as **séries** que vimos na primeira parte da aula. Nesse sentido, a estrutura a ser protegida e o **ânodo** usado para a proteção **devem** estabelecer um contato elétrico e eletrolítico.



Esse método é amplamente utilizado para o **aço, cobre, latão, alumínio** e o **chumbo**, sendo o eletrólito (lembre-se que eletrólito é o **meio** no qual ocorrem as reações com os íons e os eletrodos – anodo e catodo), a água ou solo úmido (como em tubulações, por exemplo).

Além disso, é importante você saber que temos **dois subtipos** mais comuns dentro dessa técnica: **ânodos de sacrifício** e **proteção forçada por corrente**.

O **ânodo de sacrifício**, Coruja, nada mais é que o acoplamento de um material (metal, comumente) que possui um **potencial de eletrodo** (lembre-se das **séries?**) **maior** que a do **metal que será protegido**. E, por que isso, Estrategista? Porque dessa forma ele (o anodo de sacrifício) será corroído no lugar do metal e **doará** (porque ele **oxida**) elétrons tanto para o meio que gera a corrosão quanto para o **metal a ser protegido** (que funcionará como **cátodo** – lembre-se que cátodo é quem **reduz** e **recebe** elétrons). Lindo, né? Por isso, o nome: **ânodo de sacrifício** (ele se sacrifica para a peça “sobreviver”).

Temos inúmeros exemplos na prática: **tubulação de aço subterrânea** com **placas de magnésio** enterradas (magnésio faz a proteção catódica – é o ânodo de sacrifício); **chapas de zinco** em cascos de navios (chapas de zinco é o ânodo de sacrifício), entre outros.

Essa técnica é excelente, pois é muito mais fácil trocar o ânodo de sacrifício do que ter um problema, por exemplo, no casco de um navio (muito, mas muito, mais caro). Veja a ilustração a seguir:



Percebe que é o casco de um barco? Essa peça mais clara é um ânodo de sacrifício. Ou seja, ele vai se corroer muito mais rápido, protegerá o casco fornecendo, doando elétrons e quando ele estiver “podre” é só o substituir.



Estrategista, atenção aqui: normalmente, o anodo de sacrifício utilizado é feito de **zinco** (muito por conta do valor). Todavia, memorize que para situações nas quais há presença de **água quente**, preferencialmente utilizado o anodo de **magnésio** para ligas de ferro. Isso ocorre por conta da inversão da polarização do zinco e o efeito da proteção pelo sacrifício do anodo não ocorrer, já que o fluxo de elétrons será invertido e ele se tornar catódico.

A **proteção catódica por corrente forçada**, Estrategista, tem o potencial de eletrodo suprido por um gerador ou bateria (denominado, nesse caso, de **retificador**) que será a fonte de elétrons para o metal a ser protegido junto ao anodo de sacrifício. Por isso, o terminal negativo da bateria é colocado na peça que receberá a proteção e o positivo no material que será o anodo (normalmente, um anodo inerte como a grafita). Lembre-se que os elétrons fluem em sentido contrário do sentido da corrente que, por sua vez, vai do polo negativo para o positivo. Assim, os elétrons do anodo fluirão para o catodo (peça a ser protegida) tendo o fluxo controlado pelo retificador.



(Cesgranrio/Mecânica)

Um anexo de zinco, utilizado em estruturas metálicas submersas em água do mar, é um recurso empregado como método de combate à corrosão. Trata-se de:

- a) proteção catódica.
- b) proteção anódica.
- c) proteção inorgânica.
- d) proteção orgânica.
- e) revestimento indireto.

Comentário:

A alternativa correta é a letra A.

Conforme vimos, Coruja, temos um exemplo de um método de **proteção catódica!**

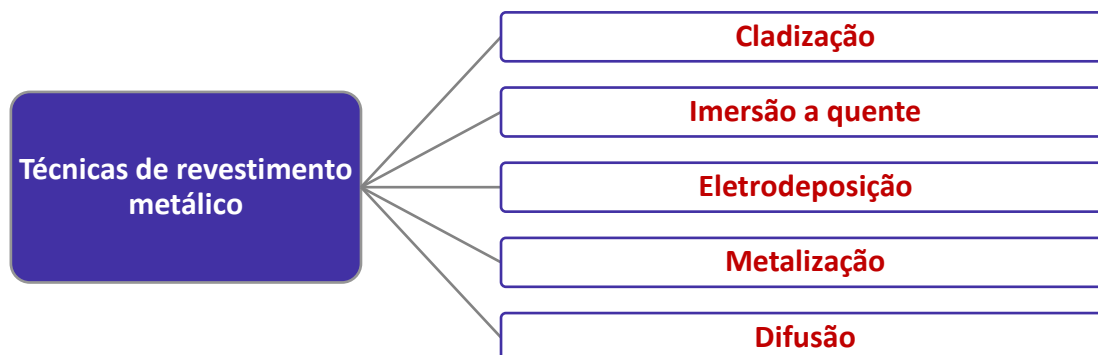
Gabarito: "a".



Revestimentos superficiais

Estrategista, dentro dos **revestimentos superficiais** temos do tipo **metálico** e **não-metálico inorgânico**. Cada grupo possui seus respectivos subtipos. Depois de limpas as peças a serem revestidas (tanto por **detergência**, quanto **solubilização**, **ação química** – **decapagem** e **ação mecânica** que são meios de limpeza de impurezas), teremos os tipos de revestimentos para cada liga metálica.

Dentro do grupo de **revestimentos metálicos**, temos, ao todo, **5 técnicas** elencadas pela doutrina. São elas:



Estrategista, vamos ver os principais detalhes de cada tipo desse grupo.

Cladização

Nada mais é que um “sanduiche” de metal a ser protegido por outro metal mais resistente a corrosão. Assim, **camadas alternadas de um metal** e o outro são feitas nessa técnica. Por isso, o produto são **lâminas metálicas** ou **chapas**.

Detalhe importante, Estrategista, é que nessa técnica o metal **mais aplicado** é o **alumínio**. Por conta disso, ela pode receber outra denominação, chamada de **Alclad**. Por conta dela, pode-se obter um material que uni tanto a **resistência mecânica** da liga quanto a **resistência a corrosão** do alumínio.

Um exemplo comum é o revestimento da liga **duralumínio** (formada por Al, com 4% de Cu; 0,5%; Mg e 0,5% de Mn) com alumínio puro e de aço com alumínio puro.

Imersão a quente

Coruja, nesta técnica é que temos os dois subtipos mais cobrados em provas: a famosa **galvanização** (também conhecida como, **zincagem**) e a **estanhagem**. A técnica da imersão a quente consiste no mergulho da peça num banho com um metal de proteção específico.



Na **galvanização** (ou **zincagem**) temos essa imersão feita no banho de **zinco**. Dessa forma, várias camadas de compostos de zinco (próxima ao metal de base – como o aço da peça) e camada de zinco mais externas são aplicadas durante o processo.

Normalmente, a galvanização é um processo satisfatório para ambiente marinhos, mas efetivamente melhor em atmosferas de campo (sem maresia característica). Todavia, em atmosferas ácidas industriais, costumam ser atacadas mais rapidamente. Mesmo assim, Coruja, é um processo ainda muito aplicado, pois é **muito barato** e **eficiente** (memorize essa informação).

Além disso, saiba que o zinco utilizado na galvanização nem sempre é puro e pode vir a conter cerca de **1,7% de chumbo** em sua composição e que o banho que comentei **deve** ser feito em uma faixa de temperatura de 460 a 480°C (não mais que isso).

Essa camada formado pelo zinco no processo de galvanização oferece uma proteção **catódica** (por conta da diferença de potencial de eletrodo quando feito em ligas metálicas como o aço), por barreira (pois gera uma camada de zinco e óxidos de zinco formando uma barreira de proteção) e por **pátina** (a pátina, em um processo de galvanização, constitui de uma etapa final na qual é formado $ZnCO_3$ gera estabilidade na proteção da liga metálica). Além disso, depois da camada zinco-ferro em ligas ricas em ferro, temos uma camada de zinco metálico formado no seu exterior, exercendo uma proteção de barreira no meio corrosivo.

Por outro lado, o subtipo de imersão a quente denominado **estanhção** (feito com estanho) é amplamente utilizado tanto para proteção quanto para decoração. Além disso, ele é **não-tóxico** e muito utilizado em aparelhos de armazenamento e manuseio de **alimentos**. Também costuma-se empregar esse subtipo em peças que serão posteriormente submetidas à soldagem.

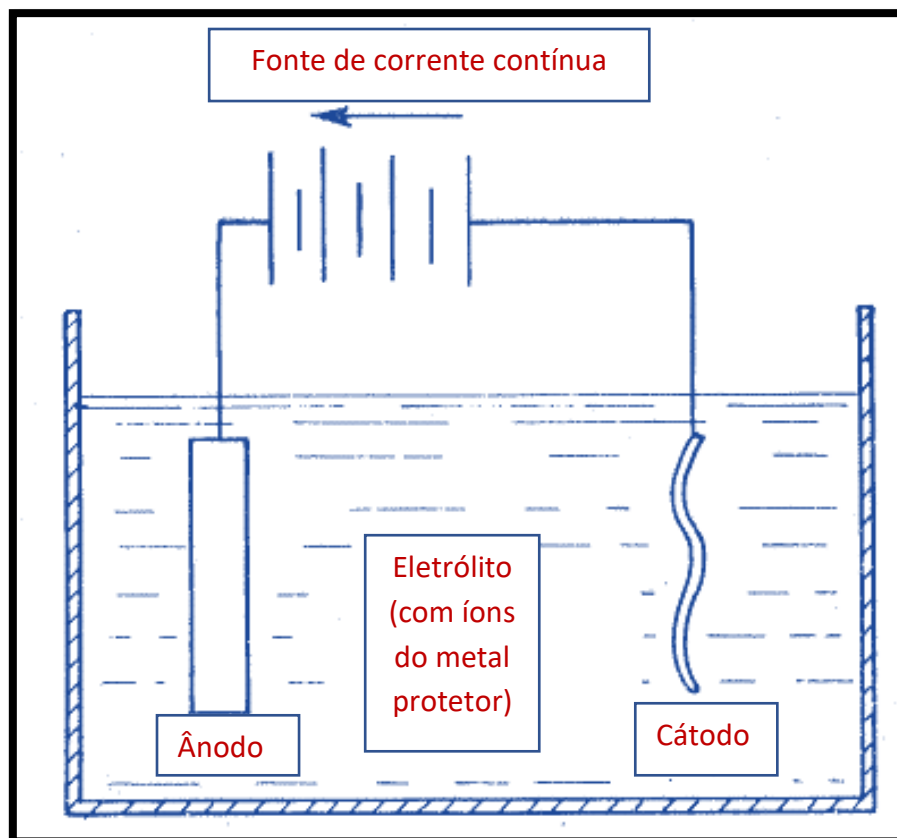
Além disso, saiba que a estanhção pode ser feita por 3 opções, como cita a doutrina: **estanhção em pote simples** (sem acabamento de alta qualidade e apenas para revestimento preliminar); **estanhção em pote duplo** (revestimento de alta qualidade, pois temos **dois mergulhos** – um em fundente à base de cloreto de zinco e, depois, no de estanho) e **estanhção em pote triplo** (depois da aplicação da **em pote duplo**, as peças vão para um banho em **óleo de coco** ou **banho de sebo**).

Eletrodeposição

Estrategista, nessa técnica (mais usada dentro do revestimento metálico), temos um revestimento muito bem aplicado e de camada super fina e uniformes. Normalmente, se eletrodeposita **zinco, estanho, cobre, níquel, cromo, cádmio, prata e ouro**.

Na figura a seguir, temos um exemplo do processo. Nada mais é do que revestir a peça e usá-la como um cátodo em uma célula eletrolítica, na qual o eletrólito contém sal do metal protetor, podendo até o ânodo (que fornecerá elétrons) ser do mesmo material que será depositado. Em princípio, é o mecanismo **inverso** ao da **corrosão** (por isso, o metal é **depositado** da solução e não **removido** na solução).





Metalização

Nesse processo, Coruja, o metal é aquecido até o seu estado de fundição. Nesse estado, esse metal é passado em forma de **fio** (pouco material) em uma zona de alta temperatura de modo a **desintegrá-lo** (associe essa palavra a essa técnica). Dessa forma, esse metal é arremessado na peça para revesti-la gerando a proteção.

Por conta do procedimento característico, temos vários equipamentos empregados, indo desde **compressores de ar**, **cilindro de ar comprimido** e **de acetileno e de oxigênio**, até a famosa **pistola de metalização** (protagonista do processo).

Esse método, Coruja, é tão empregado para proteção da corrosão, quanto para **restauração** de componentes metálicos de máquinas que foram usinados erroneamente (perderam material de maneira equivocada).

Difusão

Essa é uma técnica que utiliza os **tambores rotativos** nos quais se encontram os componentes misturados do metal protetor (em forma de pó) com um fundente. Toda a mistura é aquecida a temperaturas elevadas e, em seguida, ocorre a **difusão** do metal protetor para as peças que serão revestidas.



O que eu quero que você saiba é o nome quando se utiliza **alumínio**, Coruja: **calorização**! Esse subtipo emprega alumínio ou óxido de alumínio junto com quantidade pífias de cloreto de amônio como fundente.

Quando se utiliza essa técnica com o **zinco** a ser empregado na peça, o nome do subtipo é **sherardização**! (Grave esses nomes!). Nesse subtipo, as peças em contato com uma mistura de pó de zinco e óxido de zinco em temperaturas em torno dos 350 a 400°C.

Por fim, outro subtipo de processo é a **siliconização** (também chamado pela doutrina de **enriquecimento superficial com silício**). Nesse subtipo, temos o famoso processo **Eckman**, que é usado **carboneto de silício** e **tetracloreto de silício** a 1010°C. (Estrategista, maiores detalhes fugiriam do nosso objetivo. Saber isso é mais do que suficiente).

Revestimentos não-metálicos inorgânicos

Coruja, nesse grupo de técnicas de revestimentos, temos os processos que derivam de reações químicas entre o metal da peça e o meio em que são colocados. Nesse grupo, estão os seguintes processos: **anodização**, **cromatização**, **fosfatização** e **esmaltação**. Vamos ver as principais características de cada um para sua prova.

Anodização

Processo de tratamento superficial de **alumínio**. Ocorre dentro de uma célula eletrolítica. Nela, as peças que serão protegidas constituem o **anodo**, fazendo com que o alumínio superficial da peça se transforme em **óxidos de alumínio** (que gerará a camada de proteção, como já vimos anteriormente).

Esse processo, como você bem deve imaginar, Coruja, gera **aumento na resistência à corrosão**, pois essa camada de óxido de alumínio é impermeável ao ataque atmosférico e por parte da água salgada de ambientes marinhos. Normalmente, um tratamento em **água quente acidificada** é usado para tornar a peça impermeável.

Cromatização

Outra técnica muito comum é a cromatização que usa **soluções de cromatos** ou **ácido crômico** e ativadores como **sulfatos**, **nitratos**, **cloretos**, **fosfatos**, **fluoretos**, entre outros.

A principal característica que a literatura coloca é que por essa técnica, Coruja, é possível atingir camadas muito finas de proteção (cerca de **0,01 micron**). Além disso, a coloração pode ser **amarela**, **verde**, **verde-oliva** ou **incolor**.

Normalmente, se aplica em **alumínio**, **magnésio**, **zinco** e **cádmio** (metais e ligas principais das peças a serem protegidas). Não é muito comum aplicar em **ferro**, **aço**, **cobre**, **ligas de níquel**, **de titânio** e **zircônio**.



Além disso, esse processo pode ser aplicado depois do processo de **anodização** e/ou **fosfatização** para cobrir eventuais poros que ficaram sem proteção, sendo admitida a cromatização tanto em superfícies metálicas, quanto aquelas que contêm uma camada de **óxido** (anodização que forma camada de óxido de alumínio), quando de **fosfato** (fosfatização). Guarde essa informação, pois já foi alvo de prova!

Fosfatização

Essa técnica, Estrategista, consiste em um **preparo** (essencialmente), sendo um **tratamento prévio** da superfície para posterior **pintura**. Claro, ela é uma proteção à corrosão (inclusive, bem alta, aumentando cerca de **5x** quando comparado com a peça sem proteção).

Todavia, depois da peça ser pintada, essa proteção aumenta para cerca de 600x. Um absurdo! O processo é simples: **em ligas de ferro**, como no aço, o tratamento é feito com uma solução diluída de ácido fosfórico com específicas substâncias químicas. Por conta disso, ocorre uma reação com a superfície do metal com o ácido, formando um camada protetora de fosfato insolúvel cristalino.

Esmaltação à porcelana

Nessa técnica, os esmaltes de porcelana (que são revestimentos vítreos) são aplicados em chapas de aço, ferro fundido e alumínio com o objetivo de melhorar a aparência superficial e resistência à corrosão. Como as **fritas** (mistura de componentes cerâmicos e vítreos) são fundidas até adquirirem uma consistência vítrea, em serviço de altas temperaturas pode não ser indicado o processo, pois as **fritas podem vir a sofrer nova fundição**, estragando a camada de revestimento fornecida.

Pintura

Coruja, um método de proteção contra a corrosão que merece destaque é a **pintura**! Ele segue a mesma lógica de muitos métodos que vimos anteriormente, pois cria uma barreira física que impede o contato do material da peça com o meio corrosivo. Sobre a pintura, convém falarmos um pouco sobre as características das **tintas** e seus **constituintes** (como **solventes**, **veículos**, **pigmentos** e **aditivos**), bem como os **métodos de aplicação**.

Antes de mais nada, como define a literatura¹¹ da área, **pintura** consiste em uma **aplicação** de uma **substância líquida, pastosa** ou em **pó** que, após secagem, gera um **revestimento duro**, seja em materiais metálicos, seja em materiais não metálicos.

Para termos uma pintura de qualidade, Coruja, precisamos passar por algumas etapas, tais como:

¹¹ EEEP - Curso Técnico em Fabricação Mecânica do Governo do Ceará – Corrosão e Proteção Metálica.



- **1ª Inspeção e preparação da superfície:** foco na remoção de sujeiras, óleos, gorduras, poeira, umidade e resíduos, além de óxidos;
- **2ª Aplicação da tinta de fundo (primer):** os primeiros são aplicados anteriormente à camada final, a fim de garantir **proteção anticorrosiva**;
- **3ª Aplicação da tinta de acabamento:** consiste na camada final que dá cor à peça e forma as primeiras películas de proteção contra a corrosão, pelo seu contato com o meio corrosivo. Normalmente, se forem mais **impermeáveis**, melhor o resultado final da aplicação.

Assim, por meio da **coesão** e **adesão** à superfície, a tinta se adere à superfície. A coesão permite que a película seja **contínua** (sem falhas e imperfeições). Já a **adesão** está vinculada à **fixação** dos seus constituintes à superfície.

Constituintes

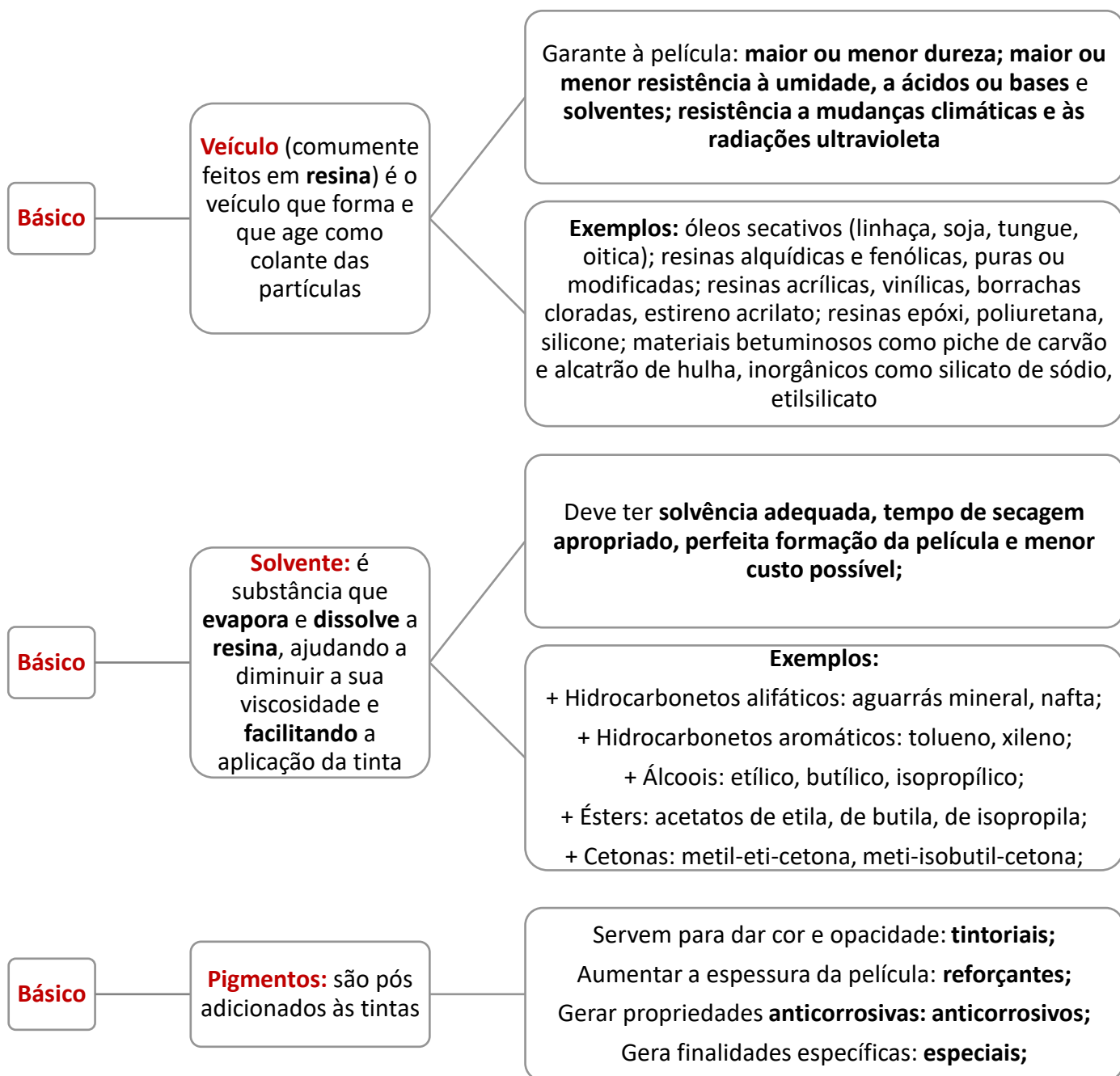
Coruja, a doutrina costuma colocar os constituintes em **dois grupos**: os **básicos** e os **eventuais**. Os básicos são aqueles que fazem parte de uma **tinta completa**. Os eventuais fazem parte somente de alguns tipos de tintas.

Como exemplo de **constituintes básicos** podemos citar os **veículos, solventes e pigmentos**!



Preste atenção, pois tem “cheiro de prova”: constituintes **básicos = veículos, solventes e pigmentos**!

Estrategista, a melhor forma de memorizar a característica de cada constituinte é o esquema a seguir! Nele eu coloquei todas as características principais que a literatura nos traz:



Alguns exemplos de **pigmentos tintoriais**:

- Temos os **não metálicos** (como o **dióxido de titânio** que gera a cor **branca**; **óxidos de ferro** que gera o pigmento vermelho e pode agir como pigmento protetor se inerte; **carbonatos de chumbo** ou **bismuto** que são usados em pinturas **perolizadas** e geram acabamento acetinado como em carroceria dos automóveis); e os **metálicos** (como o **alumínio** que gera o aspecto metálico das tintas de acabamento);

Alguns exemplos de **pigmentos reforçantes**:



- O talco, o caulim, o amianto e o gesso. Os reforçantes geram maior rendimento e viscosidade da tinta, controlam o brilho e reduzem o custo do produto;

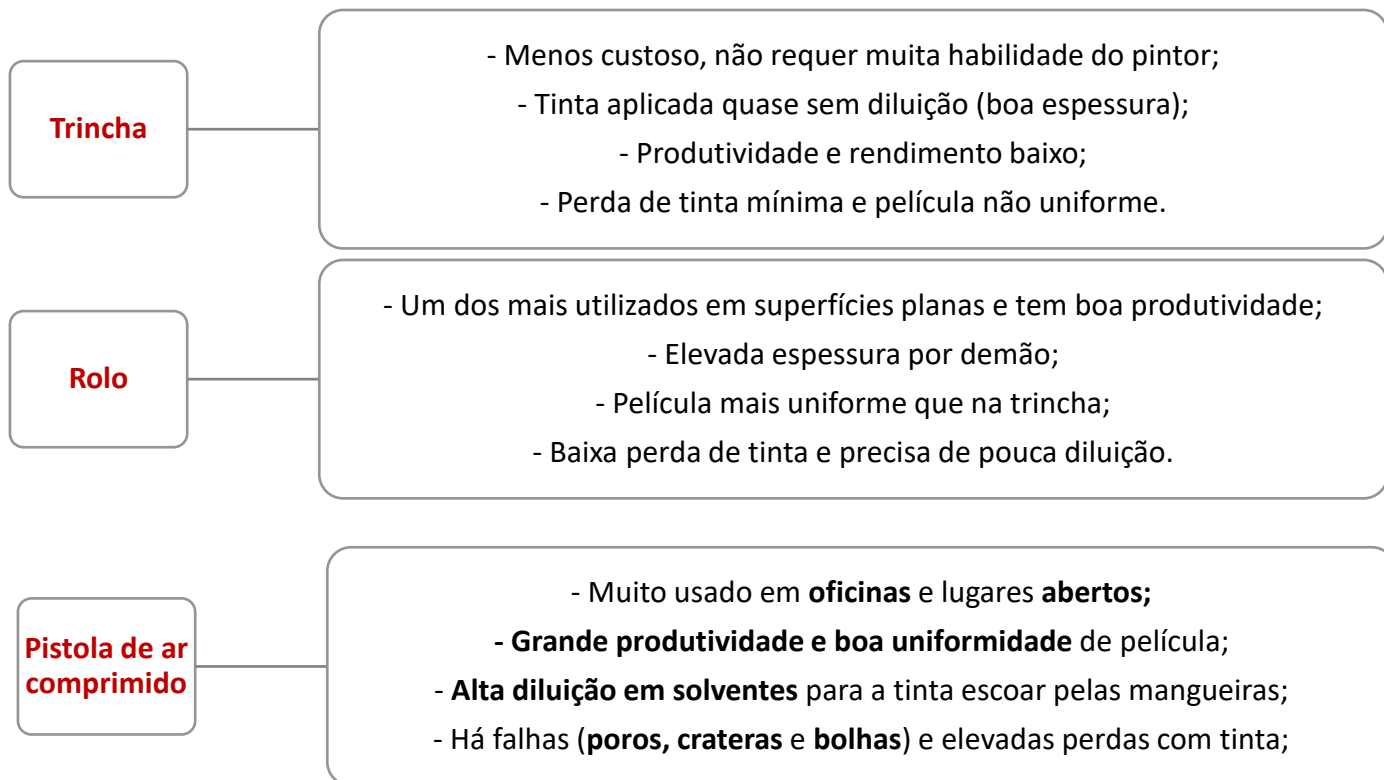
Alguns exemplos dos **pigmentos anticorrosivos** (atenção a esses tipos para sua prova):

- **Zarcão**: altamente **protetor**, mas altamente tóxico;
- **Cromato de Zinco**: também protetor e tem como vantagem maior vida útil que o zarcão e menos custoso;
- **Cromato Básico de Zinco**: parecido com o cromato de zinco, mas com poder protetor menor;
- **Fosfato de Zinco**: utilizado em substituição ao zarcão, pois tem propriedades semelhantes e não é tóxico;
- **Pó de Zinco**: pigmento metálico protetor;

Perceba, Coruja, que não é à toa que o **zinco** é muito utilizado, certo? Lembre-se da série de potencial de eletrodo que vimos e sua relação com o **ferro** (principal constituinte de peças metálicas de aço, por exemplo).

Métodos de aplicação

A escolha dos métodos no processo de aplicação de tintas varia conforme alguns fatores: **tipo de tinta, tipo, quantidade e dimensões do objeto, nível de acabamento desejado e local de aplicação** (com ambiente controlado ou aberto). No esquema abaixo, temos os principais métodos e suas características:



**Pistola
hidráulica
(airless)**

- A bomba impele a tinta até 300 kg/cm² de pressão e garante a **pulverização**;
- Para tintas com **alta quantidade de pigmento (sem solventes)** e alta espessura;
 - **Películas uniformes** e elevada produtividade;
 - **Menos falhas** (poros, crateras e bolhas) e **redução de perda de tinta**;

**Pistola
eletrostática**

- Principal característica: **carga elétrica** na superfície e na tinta (cargas opostas);
 - Tintas podem ser líquidas ou em pó;
- Película uniforme até em cantos vivos e reentrâncias e alta produtividade;
 - **Baixíssima porosidade**;
 - Elevada coesão e adesão e baixa perda de tinta;

Imersão

- Pintura eletroforética (imersão em tinta eletrocondutora);
- Utilizada em peças submersas (cargas elétricas da tinta oposta à superfície);
 - A resina do veículo da tinta forma cátions que são atraídos;
 - A peça fica no ligada ao polo negativo e o tanque no positivo
- Usada só em fábricas, com alta produtividade, baixa perda e boa uniformidade



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estrategista, chegamos ao término de mais uma aula! Agora, é fazer os exercícios e seu ciclo de revisão - principal pilar para ser aprovado em qualquer concurso! Lembre-se: “meta bala” nas questões no dia seguinte! Assim, você fará o primeiro mapeamento e o primeiro ciclo de revisão – a de “24 horas”.

Trouxe **muitas questões para treinarmos!** Com isso, seu preparo será de acordo o que está sendo cobrado pelas mais renomadas bancas do Brasil, além da banca do seu edital (CESPE/CEBRASPE). Assim, você arrebentará na sua prova!

Aproveito para deixar, novamente, minhas redes sociais! Possuo uma conta no **Instagram®** na qual compartilho **questões comentadas, dicas de estudos** e **esquemas** sobre diferentes assuntos e temas de Engenharia Mecânica, de tempos em tempos.

Além disso, possuo também um canal no **Telegram®**! Por meio desse canal, eu compartilho outros tipos de informações pertinentes para você como **questões do tipo CESPE/CEBRASPE (certo ou errado) inéditas** sobre Engenharia Mecânica.

Depois, dê uma olhada! ;)



[prof.canelas;](https://www.instagram.com/prof.canelas)



t.me/profcanelas



QUESTÕES COM COMENTÁRIOS



CESPE

1. (CESPE/Antaq – Especialista em Regulação – Engenharia Naval - 2009)

Com relação a corrosão, julgue os itens que se seguem.

Em qualquer processo corrosivo, a neutralidade de carga da solução é mantida, uma vez que as reações de redução e de oxidação ocorrem simultaneamente no catodo e no anodo.

() Certo () Errado.

Comentário:

Opa! Questão que nos cobra os fundamentos da corrosão eletroquímica. Claro que está errada a questão, Coruja! Oras, primeiro, observe a generalização que é sempre perigosa “em qualquer processo corrosivo”. Quer dizer, então, que em qualquer processo corrosivo do planeta, sem considerar sua natureza química ou eletroquímica, por exemplo, sempre há neutralidade de carga? Errado. Além disso, vimos que não há **neutralidade de carga mantida**, justamente por termos **cátions e ânions fazendo parte do eletrólito**, temos a corrosão eletroquímica ocorrendo, bem como as diferenças de potencial de eletrodo dando início e continuidade ao processo, a depender, por exemplo, dos metais ligados.

Gabarito: errado.

2. (CESPE/Antaq – Especialista em Regulação – Engenharia Naval - 2009)

Com relação a corrosão, julgue o item que se segue.

A fixação de placas de zinco ao casco de navios na região próxima ao hélice ajudará a prevenir o surgimento de ferrugem no casco.

() Certo () Errado.

Comentário:



Opa! Vimos que um dos métodos de **proteção à corrosão** é justamente a proteção catódica que tem como exemplo o ânodo de sacrifício. Na situação clássica descrita, temos uma placa de um metal mais **anódico** (lembre-se que ânodo é quem oxida e **doa** elétrons para outro metal, que é o catodo e reduz). Dessa forma, há proteção do metal no catodo, pois recebe elétrons do anodo. De fato, na relação **zinco** e o **ferro** (metal comumente em maior teor na liga nesse tipo de cenário do casco do navio), temos a oxidação do zinco para a preservação do ferro (lembre-se do potencial de eletrodo de oxidação maior do zinco em relação ao ferro).

Gabarito: correto.

3. (CESPE/SERPRO – Engenheiro Mecânico – 2013)

Protege-se o aço galvanizado por imersão a quente contra a corrosão de três maneiras: catódica, por barreira, e por pátina. A respeito desses tipos de proteção, julgue o seguinte item.

O zinco é mais anódico que o aço, então, quando se forma uma célula de corrosão, o zinco imediatamente libera elétrons para proteger o aço contra a corrosão. Esse processo é conhecido como proteção catódica.

() Certo () Errado.

Comentário:

Opa! Exatamente! Acabamos de relembrar o processo de proteção catódica! É o processo no qual o metal zinco irá fornecer elétrons para o ferro e “protegê-lo” da corrosão!

Gabarito: correto.

4. (CESPE/SERPRO – Engenheiro Mecânico – 2013)

Protege-se o aço galvanizado por imersão a quente contra a corrosão de três maneiras: catódica, por barreira, e por pátina. A respeito desses tipos de proteção, julgue o seguinte item.

Na proteção por pátina, o zinco metálico reage com o nitrogênio presente no ar, formando uma película passiva muito fina de óxido de zinco sob a forma de pátina.

() Certo () Errado.

Comentário:

Negativo! Vimos no tópico de galvanização (zincagem) que em um dos processos de imersão à quente no banho de zinco, temos uma etapa denominada de formação da **pátina**, na qual forma-se o $ZnCO_3$. Dessa forma, não há reação com o nitrogênio (N_2) presente no ar atmosférico.



Gabarito: errado.

5. (CESPE/SERPRO – Engenheiro Mecânico – 2013)

Protege-se o aço galvanizado por imersão a quente contra a corrosão de três maneiras: catódica, por barreira, e por pátina. A respeito desses tipos de proteção, julgue o seguinte item.

O zinco metálico é pouco denso, permitindo que eletrólitos penetrem no revestimento galvanizado, protegendo assim a base de aço. Esse processo é conhecido como proteção de barreira.

() Certo () Errado.

Comentário:

Essa é uma questão fora da curva, que cobra um detalhe nunca explorado em prova. Todavia, saiba que no processo de galvanização, temos uma camada que fica próxima (grudada) a peça, normalmente formada por zinco-ferro. Todavia, por cima dessa camada, forma-se uma camada de **zinco puro** (metálico) que irá formar uma barreira externa de proteção. Por isso, essa questão está errada, pois o zinco metálico não adentre no revestimento fazendo a proteção por barreira.

Gabarito: errado.

6. (CESPE/SUFRAMA – Engenheiro Mecânico – 2013)

A manutenção de tubulações metálicas subterrâneas é difícil e dispendiosa. Uma solução prática e menos onerosa para solucionar problemas de corrosão nessas tubulações é a proteção galvânica, que dispensa o uso de ânodos de sacrifício ou de aplicação de correntes contínuas. Acerca dos processos de corrosão, julgue o item seguinte.

Em uma tubulação constituída de segmentos de materiais metálicos diferentes, a corrosão será inibida em toda sua extensão.

() Certo () Errado.

Comentário:

Questãozinha completamente equivocada. Realmente, depois de vermos toda a **Série Potencial de Eletrodo**, na qual vimos os diferentes tipos de metais e seus respectivos valores **diferentes** para oxidar ou reduzir, teremos a pachorra de achar correto que “em toda uma tubulação com metais **diferentes**, a corrosão será **inibida**”? Claro que não! Oras, é completamente plausível existir corrosão eletroquímica, com diferentes potenciais de eletrodo em metais que estão em algum meio. Dessa forma, em toda sua extensão, sem o devido cuidado de seleção de materiais, podemos ter corrosão, sim.



Gabarito: errado.

7. (CESPE/INPI – Pesquisador em Propriedade Industrial – 2014)

A manutenção de tubulações metálicas subterrâneas é difícil e dispendiosa. Uma solução prática e menos onerosa para solucionar problemas de corrosão nessas tubulações é a proteção galvânica, que dispensa o uso de ânodos de sacrifício ou de aplicação de correntes contínuas. Acerca dos processos de corrosão, julgue o item seguinte.

Para inibir a corrosão de uma tubulação metálica enterrada, pode-se aplicar uma corrente contínua catódica.

() Certo () Errado.

Comentário:

Sim! Exatamente! Vimos esse método na aula, já que a corrente pode suprir a falta de elétrons. Assim, uma **proteção catódica por corrente forçada**, Estrategista, tem o potencial de eletrodo suprido por um gerador ou bateria (denominado, nesse caso, de **retificador**) que será a fonte de elétrons para o metal a ser protegido junto ao anodo de sacrifício.

Gabarito: correto.

8. (CESPE/SUFRAMA – Engenheiro Químico – 2014)

A manutenção de tubulações metálicas subterrâneas é difícil e dispendiosa. Uma solução prática e menos onerosa para solucionar problemas de corrosão nessas tubulações é a proteção galvânica, que dispensa o uso de ânodos de sacrifício ou de aplicação de correntes contínuas. Acerca dos processos de corrosão, julgue o item seguinte.

Para inibir a oxidação de uma tubulação, é indicado colocar em contato com essa tubulação um metal com potencial de redução maior que o do metal da tubulação.

() Certo () Errado.

Comentário:

Opa! Pelo contrário, certo? Vamos lembrar? O metal que será colocado junto ao metal da tubulação deve ter potencial de **redução menor** (pois, assim, quem irá reduzir, será o metal da tubulação que receberá elétrons ao invés de doar). Dessa forma, o metal que servirá de ânodo de sacrifício, irá oxidar, doando elétrons para o metal da tubulação a ser preservada.

Gabarito: errado.



9. (CESPE/INPI – Pesquisador em Propriedade Industrial – 2014)

Com relação às propriedades dos materiais destinados a aplicações industriais, julgue o item que se segue.

É possível proteger os metais contra corrosão utilizando-se um par galvânico, técnica de proteção catódica em que se utiliza um anodo de sacrifício ligado eletricamente ao metal a ser protegido e que supre a necessidade de elétrons necessária para degradação no material base. Assim, o anodo de sacrifício oxida e protege o metal base.

() Certo () Errado.

Comentário:

Preciso comentar? Perfeita questão e excelente para você revisar e entender a definição de como a CESPE/CEBRASPE define a proteção catódica de um par galvânico. Assertiva correta, Coruja.

Gabarito: correto.

10. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

A palavra corrosão denota destruição de metal por ação química ou eletroquímica. Os mecanismos de corrosão são, em sua maioria, eletroquímicos. Quanto a esse assunto, julgue o item a seguir.

Eletrólito é uma substância ou mistura, usualmente líquida, que contém íons que migram em um campo elétrico.

() Certo () Errado.

Comentário:

Perfeita, Coruja! Essa é, como vimos em aula, a definição perfeita de eletrólito! Essa substância ou mistura presente na solução (normalmente, líquida) promove a condução de eletricidade por conta dos íons com cargas positivas (cátions) ou negativas (ânions).

Gabarito: correto.

11. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

A palavra corrosão denota destruição de metal por ação química ou eletroquímica. Os mecanismos de corrosão são, em sua maioria, eletroquímicos. Quanto a esse assunto, julgue o item a seguir.

Anodo é o eletrodo de uma célula eletrolítica em que ocorre oxidação.



() Certo () Errado.

Comentário:

Tranquila, Coruja! Questão conceitual e direta ao ponto! De fato, conforme vimos, a **oxidação** é a perda de elétrons (diferentemente da **redução** que é quem **recebe** elétrons e, por isso, se reduz). Oras, vimos que o **ânodo** é o eletrodo do material que está perdendo elétrons (está sofrendo oxidação). Fique atento para não se confundir com os termos. Além disso, saiba que os **óxidos** formados (normalmente, como você deve ter percebido, os **óxidos de ferro** são os mais cobrados) ficam no **cátodo**! Justamente, por conta da formação com os íons OH^- , “tchierto”? Nada de se confundir, porque os termos são parecidos! Lembre-se sempre da nossa tabelinha inicial de conceitos para não viajar na “maionese” na hora da prova! ;).

Gabarito: correto.

12. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

Testes de corrosão em laboratório em três ligas metálicas com uma solução à base de resíduos industriais apresentaram os seguintes resultados para a perda de metal produzida pelo processo de corrosão.

liga	densidade – ρ (g/cm^3)	perda de massa [$\text{g}(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$]	fator de alvéolo (<i>pitting factor</i>)
A	2,7	40	1
B	9,0	62	2
C	7,8	5,6	9,2

Considerando a medida da taxa de corrosão quanto à penetração, julgue o seguinte item.

A liga A deverá apresentar uma penetração máxima de 5,407 mm ao final de um ano.

() Certo () Errado.

Comentário:

Oras, Coruja, questão bem tranquila que somente exige da gente a aplicação da nossa fórmula da **taxa de corrosão**! Lembre-se que a **taxa de corrosão** de um dado material, de acordo com a literatura específica¹²,

¹² Adaptado de CALLISTER, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



é uma consequência direta da ação química e um importante parâmetro sobre esse efeito para os engenheiros e engenheiras. A doutrina costuma chamar de **Taxa de Penetração da Corrosão (TPC)** que é dada por:

$$TPC = \frac{KW}{\rho At};$$

Na qual:

- **W:** é a perda de massa após um tempo de exposição “t”, em mg;
- **t:** é o tempo de exposição ao meio corrosivo, em horas;
- **p:** é a densidade do material, em g/cm³;
- **A:** é a área exposta da amostra desse material, em cm²;
- **K:** constante que irá variar de acordo o sistema de unidades utilizados.

Perceba que a constante “k” irá variar com o sistema de unidades, certo? Isso porque a TPC pode ser expressa em mils/ano (1 mils = 0,0254 milímetros) ou em mm/ano. Se for em mils/ano (mais comum em países como EUA) seu valor é k = 534 e a área “A” é expressa em polegadas quadradas. Se for em mm/ano, temos k = 87,6.

Oras, temos que o tempo é de 1 dia. Assim, t = 24 horas. Além disso, a área A = 1 m² equivale a A = 10.000 cm². Pronto! Basta substituírmos para a liga “A”:

$$TPC = \frac{KW}{\rho At} = \frac{87,6 \cdot 40 \cdot 1000}{2,7 \cdot 10000 \cdot 24} = 5,407 \text{ mm/ano.}$$

Gabarito: correto.

13. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

Testes de corrosão em laboratório em três ligas metálicas com uma solução à base de resíduos industriais apresentaram os seguintes resultados para a perda de metal produzida pelo processo de corrosão.



liga	densidade – ρ (g/cm ³)	perda de massa [g(m ² · dia)]	fator de alvéolo (<i>pitting factor</i>)
A	2,7	40	1
B	9,0	62	2
C	7,8	5,6	9,2

Considerando a medida da taxa de corrosão quanto à penetração, julgue o seguinte item.

Entre as três, a liga B apresenta a maior taxa de penetração.

() Certo () Errado.

Comentário:

Oras, mesmo raciocínio da questão anterior, Estrategista. Vamos calcular a TPC para cada liga e comparar:

Liga A: 5,407 mm/ano (questão anterior);

Liga B:

$$TPC(b) = \frac{KW}{\rho At} = \frac{87,6 \cdot 62 \cdot 1000}{9 \cdot 10000 \cdot 24} = 2,514 \text{ mm/ano.}$$

Liga C:

$$TPC(c) = \frac{KW}{\rho At} = \frac{87,6 \cdot 5,6 \cdot 1000}{7,8 \cdot 10000 \cdot 24} = 0,262 \text{ mm/ano.}$$

Oras, como vimos, a liga A possui a maior taxa de penetração.

Gabarito: "errada".

14. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

A corrosão pode ser uniforme, quando ocorre igualmente em toda a superfície, ou localizada (pitting). A velocidade de corrosão pode ser geralmente medida de duas maneiras: pela penetração no metal em um período de tempo (mm/ano) ou pela perda de metal produzida pelo processo de corrosão em um período de tempo — g(m²Adia). Acerca desse assunto, julgue o item que se seguem.



O fator de alvéolo (pitting factor) é uma medida da intensidade de corrosão concentrada, representada pela relação entre a penetração mais profunda para a média de penetração determinada pela perda de peso em um corpo de prova.

() Certo () Errado.

Comentário:

Questão corretíssima, Coruja! De fato, o fator de alvéolo tem relação com a corrosão do tipo **alveolar** (também denominada corrosão por **pites**, do inglês, **pitting corrosion**). Já no Brasil, há diferença. A corrosão alveolar é caracterizada, pela doutrina, como uma corrosão **localizada** (assim como a por **pites**) só que a superfície produz **sulcos** (escavações internas em forma de alvéolos) com fundos mais arredondados, com diâmetros maiores que suas profundidades.

Por outro lado, a corrosão por **pites** também é localizada, porém em pequenas áreas da superfície que formam os pites – cavidades geradas, mas com fundo em formato mais agudo, com ângulos mais acentuados e **maior** que o diâmetro.

O **fator de alvéolo** ou (*pitting factor*) é justamente uma taxa, razão entre a profundidade da cavidade (pite) mais profunda pela média de penetração calculada por condá da perda de peso da peça (que pode ser encontrada pela TPC que vimos na questão anterior). Por isso, questão correta!

Gabarito: correto.

15. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

A corrosão pode ser uniforme, quando ocorre igualmente em toda a superfície, ou localizada (pitting). A velocidade de corrosão pode ser geralmente medida de duas maneiras: pela penetração no metal em um período de tempo (mm/ano) ou pela perda de metal produzida pelo processo de corrosão em um período de tempo — g(m²Adia). Acerca desse assunto, julgue o item que se segue.

A medida da taxa de corrosão, tanto por penetração como por perda de metal, deve incluir a formação de qualquer produto da corrosão aderente ou não-aderente na superfície do metal, como, por exemplo, a ferrugem.

() Certo () Errado.

Comentário:

Nada a ver, Coruja! Vimos que a **Taxa de Penetração da Corrosão** (TPC) não está relacionada com a **formação** de camadas de óxidos (como a ferrugem, por exemplo) e, sim, com a **perda de material**, somente.

Gabarito: "errada".



16. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

Quanto aos tipos de danos por corrosão, julgue o item subsequente.

Corrosão sob tensão é a ação de corrosão na interface de duas superfícies em contato pela ação combinada de um processo de corrosão e tensões de contato, associadas a vibrações que produzem pequenos deslocamentos relativos entre as superfícies.

() Certo () Errado.

Comentário:

Estrategista, conforme vimos, a **corrosão sob tensão** é um tipo de corrosão que ocorre quando se tem a **interação de tensões** estáticas junto com a corrosão, levando à fratura de caráter **intergranular** (essa fratura acompanha os **contornos dos grãos**) e à fratura **transgranular** (que ocorre no interior dos grãos). A questão exigia de você o conhecimento das características de cada tipo.

A descrição da assertiva é do tipo de corrosão denominado de **corrosão sob atrito** que pertence à categoria de **corrosão por erosão**. Na **corrosão sob atrito** é que temos a característica descrita, envolvendo **duas superfícies** (pelo menos uma metálica) em contato e sujeitas a **vibrações** e **deslizamentos** (deslocamentos) na interface dos materiais.

Gabarito: "errada".

17. (CESPE/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2004)

A palavra corrosão denota destruição de metal por ação química ou eletroquímica. Os mecanismos de corrosão são, em sua maioria, eletroquímicos. Quanto a esse assunto, julgue o item a seguir.

A série eletroquímica é uma lista de elementos químicos arranjados de acordo com seus potenciais de eletrodo, tomando como padrão o eletrodo de hidrogênio, arbitrado como sendo igual a zero. O sinal é negativo para os elementos cujos potenciais são catódicos e positivo para aqueles cujos potenciais são anódicos em relação ao hidrogênio.

() Certo () Errado.

Comentário:

Estrategista, de fato, a explicação está perfeita até o final e aqui temos um problema que comentei com vocês na literatura. Se considerarmos a extensa obra de Chiaverini, veremos que a questão está **correta**, pois ele considera a série como se o elemento estivessem sendo **oxidados** (perdendo elétrons). Isso faz com que os elementos fiquem com o sinal **oposto** se caso estivessem sendo **reduzidos** (recebendo elétrons). Já na obra de Callister, a questão estaria **errada**. Veja as duas séries de cada obra.



Por conta disso, é que a questão está errada e falta informação para especificar o sinal (positivo ou negativo) para a série eletroquímica. Inclusive, Chiaverini, em sua obra, aponta para a possibilidade de muitos especialistas em eletroquímica adotarem diferentes sinais, já que os sinais (positivo ou negativo) está relacionado em lado da equação os elétrons estão sendo colocados (na oxidação ou na redução).

Por isso, para sua prova, quero sua mente “aberta”, pois ambas possibilidade podem ser cobradas. Todavia, de maneira geral, é comumente aceito, quando se falta mais informações, que o sinal **negativo** é para os elementos com potencial **anódico** e o sinal **positivo** para aqueles cujo potencial é **catódico** em relação ao nitrogênio.

Gabarito: "errada".

18. (CESPE/PCIE – PE – Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2016)

A respeito de corrosão em materiais, assinale a opção correta.

- a) A corrosão por radiação é um fenômeno eletroquímico, semelhante à corrosão nos metais, que ocorre com frequência em polímeros.
- b) Processos de corrosão ocorrem comumente em materiais cerâmicos devido aos óxidos metálicos que geralmente os compõem.
- c) Para a proteção catódica, é feita uma ligação elétrica entre o metal a ser protegido e um metal mais anódico que esse, chamado de anodo de sacrifício.
- d) O comportamento dos metais em relação à corrosão independe do ambiente e da temperatura a que são expostos.
- e) No processo de galvanização, o antimônio é o metal mais comumente utilizado para revestimento de placas de aço.

Comentário:

Questão interessante que, novamente, nos traz bastante conteúdo conceitual. Vamos comentar cada alternativa, Coruja:

Letra “a”: incorreta. Na verdade, Coruja, afirmar que a “**corrosão por radiação**” é um fenômeno **eletroquímico** é, ao meu ver, um equívoco. O fenômeno eletroquímico característico é a corrosão galvânica. Todavia, de fato, a radiação, por conta da transferência de energia para as ligações entre os átomos da cadeia de polímeros pode gerar ruptura e rearranjo dos átomos, podendo ocasionar o efeito da **cisão** em polímeros. Esse efeito gerado pela quebra dessas ligações causa a separação entre os segmentos da cadeia e, conseqüentemente, redução da massa molar, caracterizando uma degradação do material;

Letra “b”: errada, pois os materiais cerâmicos são fruto de reações entre elementos metálicos e não metálicos. Como cita a doutrina, os materiais cerâmicos podem ser considerados “já corroídos” (CALLISTER, 2012). Eles são **imunes** à corrosão gerada por muitos ambientes em temperatura ambiente;



Letra “c”: correta. De fato, conforme vimos na **proteção catódica** (também chamada de **proteção galvânica**), é um tipo de método eletroquímico na qual se emprega um **ânodo** de sacrifício (mais comum), no qual o elemento desse ânodo possui maior potencial que o metal a ser protegido e fornece (lembre-se que **ânodo** é quem doa/perde elétrons) para o metal a ser protegido que passa a ser o cátodo (recebe elétrons) e não é mais corroído, pois tem no **ânodo** em contato com ele uma “fonte externa de elétrons”. O **magnésio** e o **zinco** são comumente empregados, pois na série galvânica são localizados na extremidade anódica;

Letra “d”: errada! É claro que depende do **ambiente**! Se o ambiente não tiver oxigênio, por exemplo, grande maioria dos metais não sofrerá corrosão. Além de outros ligas específicas que em certos ambientes, podem não sofrer corrosão e em outros podem (vide o aço inoxidável e ambientes ricos em solução com cloretos). Além disso, a temperatura também influencia na corrosão, pois impacta nas reações químicas. Um exemplo é o material cerâmico que em temperatura ambiente, para maioria dos meios não sofre corrosão, mas quando a temperatura é elevada, pode vir a sofrer corrosão

Letra “e”: errada! Conforme vimos, **galvanização** (também chamada de **zincagem**) consiste em uma forma de proteção por **revestimento metálico** do tipo **imersão a quente**. Nela, as peças são mergulhadas em um banho de metal protetor fundido (zinco) e não em **antimônio**.

Gabarito: “c”.

19. (CESPE/PCIE – PE – Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2016)

Com base nos processos de fabricação e nas propriedades dos materiais, julgue o item seguinte.

A proteção catódica é uma técnica empregada na proteção de tubulações metálicas expostas à corrosão galvânica ou à corrosão intergranular, que consiste na cessão de elétrons de um material de sacrifício para o material a ser protegido.

() Certo () Errado.

Comentário:

Perfeita! Conforme vimos em aula, essa é a descrição correta do método de proteção denominado **proteção catódica** (também chamada de **proteção galvânica**). Ela é um tipo de método eletroquímico na qual se emprega um **ânodo** de sacrifício (método mais comum), no qual o elemento desse ânodo possui maior potencial que o metal a ser protegido e fornece (lembre-se que **ânodo** é quem doa/perde elétrons) para o metal a ser protegido que passa a ser o cátodo (recebe elétrons) e não é mais corroído, pois tem no **ânodo** em contato com ele uma “fonte externa de elétrons”. O **magnésio** e o **zinco** são comumente empregados, pois na série galvânica são localizados na extremidade anódica.

Também temos o método da **proteção catódica forçada ou por corrente impressa**. Nele, a força eletromotriz é suprida por um gerador, bateria ou retificador e emprega-se um ânodo auxiliar que pode



ser metálico ou não-metálico para condução dos elétrons, sendo o mais possível inerte no meio em que se encontra.

Gabarito: correto.

20. (CESPE/SGA-AC - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2007)

Nem sempre é possível evitar a corrosão galvânica de materiais metálicos, mas é possível minimizá-la consideravelmente com procedimentos adequados de prevenção como, por exemplo, a utilização de revestimentos não-metálicos inorgânicos. Com relação a esse método de prevenção da corrosão, julgue o item a seguir.

A cromatização é o processo por meio do qual se deposita cromo metálico sobre uma superfície previamente preparada.

() Certo () Errado.

Comentário:

Coruja, a assertiva nos traz uma definição errada de um dos tipos de processo de **revestimento não-metálico inorgânico** - a **cromatização**. Vimos que na **cromatização** os revestimentos são obtidos a partir de **soluções** que contém **cromatos** ou **ácido crômico** junto com ativadores como sulfatos, nitratos, cloretos, fosfatos, fluoretos, entre outros. Perceba que não é **cromo metálico** colocado diretamente na superfície da peça.

Gabarito: "errada".

21. (CESPE/ SGA-AC - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2007)

Nem sempre é possível evitar a corrosão galvânica de materiais metálicos, mas é possível minimizá-la consideravelmente com procedimentos adequados de prevenção como, por exemplo, a utilização de revestimentos não-metálicos inorgânicos. Com relação a esse método de prevenção da corrosão, julgue o item a seguir.

A anodização é um processo muito usado nas ligas de alumínio para formar uma película decorativa e protetora de alta qualidade, durabilidade e resistência à corrosão, tornando mais espessa a camada protetora passivante existente no alumínio.

() Certo () Errado.

Comentário:



Definição perfeita do tipo de processo denominado **anodização**, pertencente ao grupo de processos de **revestimentos não-metálicos inorgânicos**. Nesse tipo, temos que os revestimentos são resultados de reações químicas entre o material metálico e o meio. No caso da anodização, o material é o **alumínio** sofre oxidação eletrolítica, formando uma camada de **óxido de alumínio** na superfície do material. Essa camada protege o resto do material, pois o óxido de alumínio é impermeável ao ataque atmosférico e por parte de água salgada.

Gabarito: correto.

22. (CESPE/SGA-AC - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2007)

Nem sempre é possível evitar a corrosão galvânica de materiais metálicos, mas é possível minimizá-la consideravelmente com procedimentos adequados de prevenção como, por exemplo, a utilização de revestimentos não-metálicos inorgânicos. Com relação a esse método de prevenção da corrosão, julgue o item a seguir.

A aplicação de esmalte vítreo na superfície é uma opção indicada para peças que operam a alta temperatura, pois dissipam calor rapidamente.

() Certo () Errado.

Comentário:

Questão nos traz uma indicação errada do processo de **esmaltação à porcelana**, Coruja. Vimos que nesse processo, esmaltes de porcelana (que são revestimentos vítreos) são aplicados em chapas de aço, ferro fundido e alumínio com o objetivo de melhorar a aparência superficial e resistência à corrosão. Como as **fritas** (mistura de componentes cerâmicos e vítreos) são fundidas até adquirirem uma consistência vítrea, em serviço a altas temperaturas pode não ser indicado processo, pois as fritas podem vir a sofrer nova fundição, estragando a camada de revestimento fornecida.

Gabarito: "errada".

23. (CESPE/SGA-AC - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2007)

Nem sempre é possível evitar a corrosão galvânica de materiais metálicos, mas é possível minimizá-la consideravelmente com procedimentos adequados de prevenção como, por exemplo, a utilização de revestimentos não-metálicos inorgânicos. Com relação a esse método de prevenção da corrosão, julgue o item a seguir.

A proteção anticorrosiva associada à interposição de uma película não-metálica inorgânica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger, atua, essencialmente, pelos mecanismos de barreira e por inibição anódica.



() Certo () Errado.

Comentário:

Olha aí, Coruja! Questãozinha que nos cobra o conhecimento sobre um dos tipos de proteção anticorrosiva - o **revestimento não-metálico inorgânico**. Conforme vimos em aula, o **revestimento não-metálico inorgânico** é um método que engloba os processos nos quais os revestimento (barreira) resultam em **reações químicas** entre o material metálico (a ser protegido) e o meio. Dessas reações, derivam produtos insolúveis que protegem o material. Entre os principais tipos temos: **Anodização, Cromatização, Fosfatização e Esmaltação**. Todos esses tipos, essencialmente, criando uma barreira que irão **inibir** a perda de elétrons do **ânodo** (lembre-se que o **ânodo** perde elétrons) que é o metal a ser protegido para algum metal ou elemento do meio (que agirá como **cátodo**, recebendo esses elétrons). Por isso, a questão está certa quando menciona o termo “inibição anódica”, Estrategista, pois é um princípio basilar desses métodos de proteção.

Gabarito: correto.

24. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Cromatos, tungstatos, fosfatos e outros íons de elementos de transição com alto teor de oxigênio podem ser usados como inibidores de corrosão, pois são adsorvidos pela superfície do metal, isolando-a e evitando as reações de corrosão.

() Certo () Errado.

Comentário:

Oras, Estrategista, questão perfeita! De fato, como vimos, cromatos, tungstatos e fosfatos são íons derivados do cromo, tungstênio e fósforo que, a depender do meio e do metal a ser protegido, formam **óxidos** que ficam aderidos na peça e serve de barreira pela fina camada protetora formada. Essa barreira passa a isolar o metal com o meio ambiente, inibindo a corrosão. Um dos fenômenos que ocorre desse mesmo mecanismo é a **passivação** (exibida pelo cromo, ferro, níquel, titânio, entre outras ligas). Esse mecanismo gera uma camada de óxidos muito fina que acaba interrompendo (ou dificultando) o processo de corrosão. Dois grandes exemplos que costumam cair em provas são: aço inoxidável (possui elevado teor de cromo – acima de 10% - gera óxido de cromo com o oxigênio atmosférico) e o alumínio (que também gera filme de óxido de alumínio em contato com o oxigênio atmosférico).

Gabarito: correto.



25. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Impor uma tensão DC entre uma tubulação de ferro enterrada e uma sucata de ferro também enterrada é uma forma de proteger a tubulação da corrosão, desde que se garanta que a diferença de potencial aplicada faça que a sucata seja sempre o cátodo.

() Certo () Errado.

Comentário:

A questão aborda o método de proteção galvânica, Coruja, também denominado de **proteção catódica**. Vimos que temos tanto o tipo com **ânodo de sacrifício**, quanto o tipo no qual existe uma **fonte de elétrons** por uma corrente externa. Este é o descrito. Oras, a tensão imposta entre os dois metais é colocada com o intuito de **proteger** a tubulação de aço, alterando a diferença de potencial, tem-se que o **cátodo** deve ser a **tubulação de ferro** e não a sucata (lembre-se que o **cátodo** é quem recebe elétrons, reduzindo). Assim, há o fornecimento de elétrons para a tubulação e evita-se o processo de corrosão. A **sucata** deve ser o **ânodo** (fornecerá os elétrons, perdendo-os para o cátodo). Por conta disso, a questão está errada, Coruja, já que trocou as palavras.

Gabarito: "errada".

26. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Recobrir chapas de aço-carbono com estanho é uma ótima forma de protegê-la da corrosão, pois, se houver uma perfuração na camada de recobrimento, esta se corrói, protegendo a chapa, já que o estanho funcionará como ânodo por ser mais anódico do que o aço-carbono.

() Certo () Errado.

Comentário:

Novamente, mais uma questão sobre os métodos de prevenção que se enquadram no conceito da **célula galvânica**. Vimos que temos **3 tipos** de células galvânicas: **células de composição**, **células de tensão** e **células de concentração**. Oras, na **célula de composição**, temos a união de dois materiais diferentes (um com maior potencial de eletrodo e outro com menor). O material (metal) de maior potencial fornecerá



elétrons (atuará como **ânodo**) para o metal de menor potencial. Ou seja, enquanto houver material, o de menor potencial será o cátodo e não será corroído pelo meio (já que está recebendo elétrons do outro material).

Esse exemplo é ilustrado com o **zinco** e o **ferro**. Por conta da série de potencial de eletrodo, o **zinco** é o **ânodo** e fornece elétrons para o ferro, protegendo-o da corrosão. Esse cenário acontece, mesmo se uma placa de aço não estiver totalmente coberta por zinco.

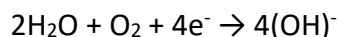
Todavia, cenário diferente acontece caso o revestimento seja de **estanho** que é a situação da assertiva. Veja que temos um placa de **aço-carbono** (principal constituinte dessa liga metálica é o **ferro**). Logo, a camada de **estanho** precisa estar **completamente coberta**. Essa proteção existe, pois o estanho tem um potencial muito próximo (ligeiramente superior) ao do hidrogênio (parâmetro da série de potencial que vimos como "0"). Assim, se não tiver nenhum **furo**, a proteção existe, pois a velocidade de corrosão entre estanho e meio é limitada. Agora, se essa camada de **estanho for perfurada**, ferrou! Pois, o **ferro** possui **maior potencial de eletrodo que o estanho** e, por conta disso, no meio corrosivo, ele irá atuar como **ânodo** para o estanho, fornecendo elétrons e sofrendo corrosão. Inclusive de maneira muito agressiva, pois é uma pequena área de ferro da placa de aço (furo) para todo o resto da extensão de estanho (que está em corrosão com o meio) já que a densidade de corrente é expressa em termos de unidade de área.

Gabarito: "errada".

27. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Uma reação importante nas células galvânicas é a produção de íons OH⁻ no cátodo:



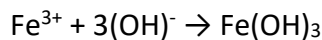
Portanto, quanto maior o teor de oxigênio, maior será a produção de íons OH⁻ e maior a remoção de elétrons do ânodo, o que acelera a corrosão.

() Certo () Errado.

Comentário:

Questão perfeita, Coruja! Basta termos a análise da reação mostrada que ocorre no cátodo (receptor de elétrons na célula galvânica! Oras, se aumentarmos o teor de oxigênio, temos o aumento de íons OH⁻. Com o aumento de íons OH⁻ temos o aumento da concentração de **óxido férrico** (ferrugem) pela reação com os íons de Fe³⁺:





Por isso, se nota a formação de uma camada de ferrugem no lado do cátodo. Além disso, mais íons Fe^{2+} e Fe^{3+} são produzidos pela oxidação (perda de elétrons) do Fe, formando a H_2 e o óxido férrico que mencionei.

Gabarito: correto.

28. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

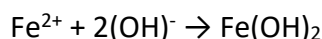
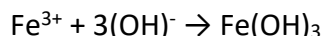
Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Em uma célula eletrolítica com ânodo de ferro, ocorre a formação de ferrugem e, embora a corrosão sempre ocorra no ânodo, a ferrugem deposita-se no cátodo.

() Certo () Errado.

Comentário:

Olha aí, Coruja! Conforme acabamos de ver na questão anterior, a assertiva está corretíssima! Lembre-se que temos a perda de elétrons no **ânodo** e a formação de **óxido férrico** ou **óxido ferroso** no **cátodo** (que recebe elétrons). Esses óxidos são provenientes das seguintes reações:



Gabarito: correto.

29. (CESPE/PF - Perito Criminal – Engenharia Mecânica – 2004)

Uma célula galvânica é um circuito elétrico formado por dois metais com potenciais de eletrodos diferentes em contato colocados em um meio eletrolítico. No que se refere a células galvânicas, julgue o item que se segue.

Aumentando-se a acidez da solução eletrolítica, acelera-se a corrosão dos metais catódicos em relação ao hidrogênio, pois o maior número de íons H^{+} presentes facilita a remoção de elétrons do cátodo.

() Certo () Errado.

Comentário:



Opa! Errada, Coruja! De fato, se a solução for mais ácida (lembre-se que para ter um carácter cada vez mais ácido, há a liberação de mais íons H^+ na solução, pela ionização do ácido provocada pela água) teremos maior quantidade de H^+ e maior será a corrosão, pois mais elétrons serão removidos do metal que está sendo corroído. Oras, vimos que o metal que sofrerá a corrosão é o **ânodo**, pois perderá os elétrons (que serão removidos pelos íons H^+ para a formação de gás hidrogênio – H_2) e não o cátodo. ;).

Gabarito: "errada".

Cesgranrio

30. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2018)

O tipo de camada de óxido que protege os aços inoxidáveis da corrosão atmosférica/eletroquímica, fenômeno conhecido como passivação, é o

- a) $Al_2 O_3$.
- b) $Cr_2 O_3$.
- c) $Fe_2 O_3$.
- d) $Fe_3 O_4$.
- e) NiO .

Comentário:

Conforme estudamos, Estrategista, lembre-se sempre: falou em **resistência a corrosão** no que tange a **aços**, falou em **cromo**! O cromo, elemento de liga em teores superiores a 10% no aço, tem como principal função aumentar a resistência à corrosão desse aço (dando vida ao famoso **aço inoxidável**).

O fenômeno da **passivação** (também chamado de **autopassivação**) do aço é justamente a formação de uma camada fina, impermeável e praticamente invisível em sua superfície constituída de **óxido de cromo** (Cr_2O_3). Esse óxido é formado naturalmente (passivamente) quando em contato com o oxigênio atmosférico e, assim, pelo seu carácter permanente e regenerativo, protege o aço inoxidável.

Gabarito: "b".

31. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro - Mecânica - 2018)



Reação de Redução	Potencial Padrão (V)
$\text{Mg}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Mg} (\text{s})$	-2,38
$\text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Zn} (\text{s})$	-0,76
$\text{Fe}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Fe} (\text{s})$	-0,44
$\text{Ni}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Ni} (\text{s})$	-0,26
$\text{Sn}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Sn} (\text{s})$	-0,14
$2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} = \text{H}_2 (\text{g})$	0,00
$\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2\text{e}^{-} = \text{Cu} (\text{s})$	+0,34
$\text{Au}^{3+} (\text{aq}) + 3\text{e}^{-} = \text{Au} (\text{s})$	+1,42

Um dos métodos clássicos de proteção anticorrosiva é o uso de anodos de sacrifício. Dada Tabela de potencial padrão de redução acima, é possível dizer que os dois melhores materiais para protegerem o ferro da corrosão galvânica e servirem de anodo de sacrifício são

- a) Mg e Zn.
- b) Mg e Cu.
- c) Ni e Cu.
- d) Sn e Cu.
- e) Zn e Sn.

Comentário:

Tranquilidade, Coruja! Conforme vimos na parte teórica, na série de potencial de eletrodo, os elementos com maior característica **anódica** (possuem maiores potenciais de eletrodo) perdem elétrons mais facilmente. Oras, os melhores metais para servirem de ânodo de sacrifício, sofrendo a corrosão no lugar do ferro são aqueles que possuem na semirreação de **redução** (elétrons do lado esquerdo) os **menores** valores (maiores valores negativos). Consequentemente, nas semirreações **oxidação** são os que possuem **maiores valores positivos**. Logo, temos que o **magnésio** (Mg) e o **zinco** (Zn) são os elementos que **perdem elétrons** (2 elétrons de valência) **mais facilmente** que o **ferro**, sendo assim, metais perfeitos para serem ânodo de sacrifício, preservando o ferro da peça,

Gabarito: "a".

32. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica - 2018)



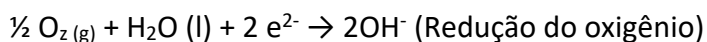
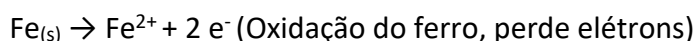
Um conjunto de placas de aço comum provenientes de um mesmo lote foram empilhadas dentro de um galpão coberto para proteger as placas da chuva. O empilhamento deixa pequenas frestas entre as placas, e a umidade do local é extremamente elevada. Depois de meses, as placas foram retiradas do local para serem usadas e foi constatado que elas apresentavam na região central marcas de corrosão, mas não existia nenhuma corrosão perto das extremidades das placas, nem na placa que ficava no topo das demais.

Esse tipo de corrosão é classificado como corrosão por

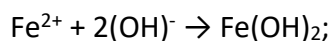
- a) pite.
- b) erosão.
- c) pilha galvânica.
- d) pilha de concentração iônica.
- e) pilha de aeração diferencial.

Comentário:

Apesar dessa questão, a depender do autor, ter uma “leve” incoerência, já que parte da literatura pode considerar a **pilha de aeração diferencial** como um subtipo de **pilha galvânica** (o que não eliminaria, necessariamente a letra “c”), a melhor resposta é, de fato, a letra “e”. Oras, vimos que a **pilha de aeração diferencial** surge em tipos de condições de exposição do material em relação a diferentes **concentrações de oxigênio**. Nesse sentido, a região do material que possui **menor concentração** (seja de íons, como na pilha de concentração diferencial, seja de oxigênio) será degradada (sofrerá corrosão) enquanto a de **maior concentração** será protegida. Isso se deve a **diferença** de concentração na reação química de oxirredução do ferro (o ferro tende a perder elétrons para se estabilizar, ao passo que o oxigênio rouba esses elétrons):



Oras, vamos entender essas reações? Estrategista, simples. O ferro perde os elétrons (se oxida) ao passo que o oxigênio, em contato com a água presente no ar atmosférico em vapor d’água que pode condensar na superfície da peça (lembre-se que precisamos ter ambos para ocorrer a corrosão metálica, água e oxigênio) vão reduzir com os elétrons cedidos pelo ferro. Forma-se os íons OH^- . Assim, a reação global (somatória das duas primeiras) mostra o processo que gera a ferrugem (**óxido de ferro II**) na superfície do material. De maneira resumida, podemos escrever a equação assim:



Assim, com a maior concentração do gás oxigênio, temos uma região que se comporta como cátodo (recebe elétrons) da região que o ânodo (perde elétrons). Essa situação é a descrita na questão, pois no meio das placas empilhadas temos **menor concentração de oxigênio** que das extremidades. Logo, as extremidades das chapas e na chapa superior (alta concentração de oxigênio em contato com elas) serão o cátodo e a parte central das placas com menor concentração por conta da barreira física de acesso do gás oxigênio, vira o **ânodo**, perdendo elétrons e dando vida a corrosão.

Gabarito: "e".

33. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2018)

Tubulações enterradas podem ser protegidas pelo método denominado proteção catódica galvânica.

Este método emprega um

- a) gerador elétrico de corrente alternada para transformar a tubulação em catodo.
- b) gerador elétrico de corrente alternada para transformar a tubulação em anodo.
- c) gerador elétrico de corrente contínua para transformar a tubulação em anodo.
- d) metal com potencial de redução mais negativo que o metal da tubulação para agir como anodo.
- e) metal com potencial de redução mais positivo que o metal da tubulação para agir como anodo.

Comentário:

Opa! Mais uma questão que nos cobra o conhecimento sobre a série de **potencial de eletrodo**. Oras, muito simples, Coruja! Lembre-se que na série de potencial de eletrodo, os elementos que possuem o **menor valor** de potencial de eletrodo (aqueles com os maiores valores **negativos**) são os que possuem **maior facilidade** de **perder elétrons** (característica **anódica**), funcionando como **ânodo**. Claro, isso admitindo as semirreações de **redução** (elétrons do lado esquerdo da equação química). Para a oxidação, os sinais seriam trocados (seriam positivos) e a análise também.

Por isso, a questão poderia ser mais clara e dizer qual das duas semirreações estão sendo consideradas, pois isso impacta na solução (letra “d” ou “e”). Todavia, atenção, Coruja! A maioria das questões consideram como **semirreações de redução**! Por isso, quando a questão **não** entrar nesse detalhe, você vai considerar que o potencial de redução **mais negativo** é o que vai agir como **ânodo**, fornecendo elétrons mais facilmente e se sofrendo a corrosão, preservando a tubulação. Essa é a **proteção catódica galvânica**, como a questão chama.

Gabarito: "d".

34. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2018)



Um dos aços inoxidáveis com maior emprego na indústria é o AISI 304, com composição típica de 18% massa de Cr e 8% massa de Ni, baixo carbono e outros elementos residuais.

Esses aços apresentam uma pequena quantidade de carbonetos de cromo dispersos numa microestrutura de

- a) ferrita pura.
- b) austenita pura.
- c) martensita pura.
- d) ferrita e austenita misturados.
- e) martensita e austenita misturados.

Comentário:

Apesar de ser uma questão muito específica, vimos que na **corrosão intergranular** o aço inoxidável **austenítico** (que terá a matriz em austenita pura) sofre o fenômeno da **sensitização**. Lembre-se que é justamente a formação dos carbeto de cromo (Cr_3C_6) que torna a região entre os grãos (intergranular) empobrecida de cromo. Dessa forma, a corrosão nessa região torna-se latente.

Gabarito: "b".

35. (Cesgranrio/Liquigás Distribuidora – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2015)

Que tipo de corrosão, muito localizada, forma pequenos buracos a partir da superfície do material que penetram no seu interior em uma direção praticamente vertical?

- a) Ataque uniforme.
- b) Corrosão sob tensão.
- c) Intergranular.
- d) Lixívia seletiva.
- e) Pites.

Comentário:

Oras, que moleza, hein, Coruja? Conforme vimos, a descrição é da **corrosão por Pites** (*pitting corrosion*, do inglês). Lembre-se que também é caracterizada por uma corrosão **localizada**, porém em pequenas áreas da superfície que formam os pites – cavidades geradas, mas com fundo em formato mais agudo, com ângulos mais acentuados e **maiores** que o diâmetro.



Gabarito: "e".

36. (Cesgranrio/Liquigás Distribuidora – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2015)

Como se chama o fenômeno em que alguns metais e ligas, normalmente ativos e sob condições ambientais específicas, perdem sua reatividade química e se tornam extremamente inertes?

- a) Anodização.
- b) Eletrólise.
- c) Galvanização.
- d) Passividade.
- e) Tamponamento.

Comentário:

Oras, Coruja! Tranquilidade! O enunciado nos descreve a **passividade**! Lembre-se que ela é responsável pela formação de uma **fina camada** de óxido com o elemento químico da liga (como nos aços inoxidáveis, com o **cromo**) que evita a continuação do processo de corrosão. Dessa forma, nesse exemplo, forma-se o **óxido de cromo** pelo contato desse elemento com o oxigênio atmosférico. Essa camada de óxido evita que o material debaixo entre em contato novamente com o meio (no caso, oxigênio atmosférico, que é o mais comum), fazendo com que ocorra a tal **perda de reatividade química**, citada pela questão. As demais alternativas são processos diferentes, sem vinculação com a descrição. Você poderia ficar em dúvida com a galvanização. Mas, elas não se confundem, Estrategista!

A **galvanização** nada mais é que uma proteção por uma fina camada, também, porém de **zinco** que possui menor potencial de eletrodo na série (mais negativo, na redução), ou maior potencial (mais positivo, na oxidação) e, para muitos metais (como o ferro, principal constituinte do aço), serve como **ânodo**, fornecendo elétrons para o ferro, e não permitindo sua corrosão, tanto quando a camada é inteira proteção, quando é perfurada. Assim, não tem relação com a descrição do enunciado, pois não é passividade de elementos da própria liga metálica da peça.

Gabarito: "d".

37. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2014)

A intensidade do processo de corrosão é avaliada de acordo com o(a)

- a) número de elétrons que migram do catodo para o anodo.
- b) número de elétrons que migram do anodo para o catodo.
- c) número de ânions que migram do anodo para o catodo.



- d) carga de ânions sobre o catodo.
- e) carga de elétrons sobre o anodo.

Comentário:

Olha aí, Coruja! Vimos inúmeras vezes e repeti muito para você memorizar: o processo de corrosão se caracteriza pela transferência dos **elétrons** do **ânodo** (material ou parte do material que **perde/fornece** elétrons) para o **cátodo** (material ou parte do material que **recebe** elétrons). Por isso, no ânodo ocorre a **oxidação** e no **cátodo** ocorre a **redução** (lembra do “bizu”, quem **recebe**, **reduz**!).

Gabarito: "b".

38. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro Júnior - Inspeção – 2011)

Uma chapa de aço (densidade 7,9 g/cm³) com área de 550 cm² ficou exposta ao ar próximo ao oceano pelo período de um ano. Observou-se que houve, nesse período, uma perda de peso da chapa de 500 g.

Nessas condições e para K = 87,6, a taxa de corrosão, em mm/ano, foi, aproximadamente, de

- a) 0,90.
- b) 1,15.
- c) 1,50.
- d) 2,10.
- e) 3,60.

Comentário:

Tranquilo, Coruja! Temos uma aplicação da nossa fórmula da TPC! Assim, encontramos a **Taxa de Penetração da Corrosão** em mm/ano. Perceba que ele nos fornece o tempo de exposição do material (que é de 1 ano). Logo, como a tempo na fórmula e em relação as constantes tem que ser em horas, temos que converter (365 dias x 24 horas/dias = 8760 horas).

$$TPC = \frac{KW}{\rho At};$$

Na qual:

- **W**: é a perda de massa após um tempo de exposição “t”, em mg;
- **t**: é o tempo de exposição ao meio corrosivo, em horas;



- **p**: é a densidade do material, em g/cm³;
- **A**: é a área exposta da amostra desse material, em cm²;
- **K**: constante que irá variar de acordo o sistema de unidades utilizados.

$$\text{TPC} = \frac{87,6.500.000}{7,9.550.8760} = 1,15 \text{ mm/ano};$$

Gabarito: "b".

39. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2014)

Aços inoxidáveis austeníticos quando expostos, nos processos de soldagem, a temperaturas na faixa de 480°C a 815°C, podem formar carbonetos complexos de cromo, depositados nos contornos de grão, com a consequente diminuição da resistência à corrosão. Esse fenômeno denomina-se

- a) carbonetação.
- b) cementação.
- c) revenimento.
- d) empolamento.
- e) sensitização.

Comentário:

Que pai a Cesgranrio, foi em Coruja? Tranquilidade! A questão trata do fenômeno da **sensitização**.

Nada mais é que uma situação na qual o **cromo**, nessa faixa de temperatura (500 a 800°C), liga-se ao **carbono** que compõe a liga (principalmente, quando seu teor é acima de 0,02%) e costuma formar um composto denominado **carbeto de cromo** (Cr₃C₆). Assim, esse composto precipita e deixa a região **empobrecida** de cromo, elemento que justamente confere proteção à corrosão. Logo, essas áreas em torno dos contornos dos grãos ficam suscetíveis à corrosão intergranular.

Gabarito: "e".

40. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2014)

Um determinado material empregado na fabricação de dutos para o transporte de água industrial apresentou corrosão por pites quando os dutos começaram a operar. Para solucionar o problema, os engenheiros responsáveis pela operação deverão propor a seguinte solução:

- a) Reduzir ou eliminar os íons de cloro Cl⁻¹ da solução aquosa, aumentar a presença de agentes oxidantes e aplicar uma proteção catódica.



- b) Reduzir ou eliminar os íons de cloro Cl^{-1} da solução aquosa, reduzir a presença de agentes oxidantes e aplicar uma proteção catódica.
- c) Tornar a água mais salina dissolvendo o NaCl como inibidor de corrosão, reduzir a acidez e a presença de agentes oxidantes.
- d) Tornar a água mais salina, dissolvendo o NaCl como inibidor de corrosão, aumentar a acidez e a presença de agentes oxidantes.
- e) Aumentar a concentração de íons de Cl^{-1} na solução aquosa, aumentar a presença de agentes oxidantes e aplicar uma proteção catódica.

Comentário:

Oras, Coruja, questão que parece difícil, mas não é. Somente entendendo os métodos para se evitar a corrosão que vimos, matamos a questão. Sabemos que lá na pilha eletroquímica o **eletrólito** influencia na corrosão, pois os íons (nesse caso, os íons Cl^{-1}) serão aqueles que irão retirar os elementos de **ferro** do tubo, a partir do momento que este ficar positivo, formando cloreto de ferro III (FeCl_3). Dessa forma, necessitamos é **reduzir** a presença desses íons. Assim, eliminamos as alternativas “e” e “c” e a “d”, também, pois o Cloreto de Sódio (NaCl) se torna dissolvido na água e libera íons Cl^{-1} , aumentando sua concentração.

Vimos também que os **agentes oxidantes** são compostos que vão fazer o outro composto (no caso, o ferro do tubo) **oxidar** (ou seja, doar elétrons). Dessa forma, devemos fazer com que seja **reduzida** a presença de **agentes oxidantes**. Já chegamos ao gabarito da questão que é a letra “b”. Além disso, sempre, a aplicação de uma **proteção catódica** (como um anodo de sacrifício, por exemplo) é bem vinda para se evitar a corrosão.

Gabarito: "e".

41. (Cesgranrio/Liquigás Distribuidora – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2013)

A corrosão pode ocorrer sob a forma de ataques e mecanismos diferentes. A caracterização do tipo de corrosão é fundamental para a escolha do tipo de proteção.

Para a correta identificação do tipo de corrosão, deve-se considerar que

- a) a esfoliação se processa sob a forma de filamentos perpendiculares à superfície.
- b) a dezincificação é um tipo de corrosão seletiva que pode ocorrer em latões.
- c) a corrosão por pilha de aeração diferencial não ocorre em metais enterrados no solo.
- d) o risco de sensitização diminui com o aumento do teor de carbono do aço inoxidável.
- e) os aços patináveis têm menor resistência à corrosão atmosférica que os aços carbono.



Comentário:

Questão tranquila, também, Estrategista. Ela nos cobra os conhecimentos gerais sobre corrosão. Vejamos cada alternativa.

Letra “a”: errada! A esfoliação que pode estar associada a diferentes processos de corrosão não é caracterizada por gerar “filamentos perpendiculares à superfície” (esse cenário estaria até mais associado com a corrosão localizada por pites ou alveolar). Normalmente, a esfoliação ocorre de forma **paralela** à superfície em chapas ou em placas metálicas, podendo derivar desde de uma corrosão uniforme a uma corrosão por erosão;

Letra “b”: perfeita! Eis o gabarito. De fato, como vimos a **dezincificação** (também chamada de **lixívia seletiva**, pois pertence ao tipo de **corrosão seletiva**), temos a **remoção (lixiviação)** de **zinco** da liga de **latão** (Cu-Zn). Esse processo é feito em diferentes fases: na primeira, temos o latão começando se dissolver. Na segunda, íons de zinco permanecem na solução e há a formação de um resíduo rico em cobre recobrindo a superfície da liga da peça (daí a coloração avermelhada característica);

Letra “c”: errada! A **pilha de aeração diferencial** pode ser formada em materiais enterrados no solo, bastante existir a diferença de concentrações de oxigênio no material, tornando uma região mais catódica e outra mais anódica. Assim, a região que funcionará como anodo fornecerá elétrons para a região que funcionará como catodo. Dessa forma, processa-se a corrosão e esse cenário pode ocorrer com um material enterrado no solo, bastando que uma região do material da peça seja submetida a situação descrita.

Letra “d”: errada! O fenômeno da **sensitização** (geralmente presente em ligas de aço inoxidável austeníticos) se dá pela falta de cromo na região intergranular, por conta da formação de **carbeto de cromo** (Cr_3C_6). Quanto maior o teor de carbono na liga, **maior a formação** desse composto e **maior será a sensitização** presente na liga.

Letra “e”: incorreta! Apesar de não ser muito utilizado o terno, a **pátina** nada mais é que uma proteção gerada pela camada que irá dificultar a corrosão atmosférica na liga de aço. Dessa forma, os aços que são patináveis possuem **maior** resistência à corrosão da atmosfera, muito por conta da presença dos elementos de liga que formarão a liga (como o fósforo, por exemplo).

Gabarito: “b”.

42. (Cesgranrio/Innova – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2012)

Aços inoxidáveis austeníticos desenvolvem o fenômeno da sensitização, geralmente pelo processo de soldagem ou condições de serviço, quando expostos a temperaturas na faixa de 480 °C a 815 °C.

A sensitização torna estes materiais suscetíveis a corrosão do tipo



- a) transgranular.
- b) intergranular.
- c) alveolar.
- d) generalizada.
- e) por pite (puntiforme).

Comentário:

Conforme vimos em aula, Estrategista, a **sensitização** é um estado de sensibilidade do aço que está sujeito à corrosão do tipo **intergranular**. E por que isso ocorre? essa situação surge porque nessa faixa de temperatura, o **carbono** que compõe a liga (principalmente, quando seu teor é acima de 0,02%) costuma-se formar um composto denominado **carbeto de cromo** (CR3C6). O problema é que esse composto precipita e deixa a região **empobrecida** do principal elemento contra a corrosão (o cromo). Logo, nessas áreas em torno dos contornos dos grãos fica suscetível à corrosão. Por isso, ocorre comumente em ligas de aço **inoxidáveis austeníticos** quando aquecidos até uma faixa de 500 a 900°C (pois, a sensitização depende da temperatura elevada).

Gabarito: “b”.

43. (Cesgranrio/Innova – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2012)

A melhora da resistência à corrosão causada por um estado oxidado da superfície, diminuindo o contato entre o metal e a atmosfera, é denominada

- a) sensitização.
- b) solubilização.
- c) passivação.
- d) galvanização.
- e) proteção catódica.

Comentário:

Questão tranquila, não é, Coruja! Sem nenhum segredo! Ela nos remete a **passividade** dos materiais. a **passividade** (ou **passivação**) de metais ou de ligas metálicas é um fenômeno que ocorre que, a grosso modo, acabando **cessando** a **corrosão** e **oxidação** da liga metálica. Alguns elementos químicos acabam exibindo esse fenômeno em certas condições ambientais específicas, como: **cromo, ferro, níquel, titânio**, etc.



A passividade, Coruja, acaba sendo explícita na prática ela formação de uma **fina camada** de **óxido de elemento** que acaba tornando a reatividade química da liga inerte e parando com a corrosão/oxidação da peça. Um exemplo prático, é a liga metálica do **aço inoxidável**. Sabemos que esse aço possui, além de outros elementos de liga, o **cromo** em elevados teores (acima de 10%). A característica desse aço é ser resistente a oxidação e à corrosão, porque o cromo, em contato com o oxigênio atmosférico, forma **óxido de cromo**. Assim, essa camada de óxido acaba protegendo a superfície da peça e **interrompendo** a oxidação e corrosão que havia começado.

Gabarito: “c”.

44. (Cesgranrio/Innova – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2012)

A corrosão quase sempre transforma os materiais metálicos de maneira a diminuir a durabilidade esperada.

Em relação aos conhecimentos de eletroquímica necessários para o estudo de corrosão, pode-se verificar que

- a) a oxidação é o ganho de elétrons por uma espécie química.
- b) a redução é o aumento algébrico do número de oxidação.
- c) em uma reação de oxirredução, o elemento que perde elétrons atua como agente oxidante.
- d) o sentido do fluxo de elétrons é do agente redutor para o agente oxidante.
- e) no catodo há uma tendência maior de ocorrer corrosão do que no anodo.

Comentário:

Questão boa, pois nos cobra vários elementos fundamentais para entender o conceito da corrosão e sua parcela **eletroquímica**. Vejamos cada uma:

Letra “a”: errada, pois vimos que a **oxidação** temos a **doação** de elétrons e a **redução** a **recepção** dos elétrons;

Letra “b”: errada, pois podemos ter compostos químicos que saíram de número negativos e foram para valores neutros (0), sem ter o aumento algébrico (de número);

Letra “c”: errada! Vimos que o **agente oxidante** é aquele elemento que **faz** o outro **oxidar**. Logo, ele é quem **reduz**! Se ele reduz, ele **recebe** elétrons e não perde (ou doa);

Letra “d”: perfeita! O **agente redutor** é quem **oxida** (perde elétrons para quem **reduz** que os recebe). O **agente oxidante** é quem **reduz** (recebe elétrons);



Letra “e”: errada, pois quem sofre a corrosão é o **ânodo** que perde elétrons para o **cátodo** e não o contrário. Assim, os íons do meio (eletrólito) com carga negativa (ânions) vão para o eletrodo que é o ânodo (que vai ficando mais positivo, pois perde os elétrons) e acabam retirando os cátions desse eletrodo, fazendo-o corroer.

Gabarito: “d”.

45. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Inspeção – 2012)

Sob que condições, a proteção com anodo de sacrifício do casco de um barco feito de aço será eficaz?

- a) Empregar um material mais oxidável que o ferro, por exemplo, zinco, e prender esse material abaixo da linha d’água, mantendo-o isolado eletricamente do aço do casco.
- b) Empregar um material mais oxidável que o ferro, por exemplo, zinco, e prender esse material acima da linha d’água, empregando um bom contato elétrico com o aço do casco.
- c) Empregar um material mais oxidável que o ferro, por exemplo, zinco, e prender esse material abaixo da linha d’água, empregando um bom contato elétrico com o aço do casco.
- d) Empregar um material menos oxidável que o ferro, por exemplo, cobre, e prender esse material abaixo da linha d’água, empregando um bom contato elétrico com o aço do casco.
- e) Empregar um material menos oxidável que o ferro, por exemplo, cobre, e prender esse material acima da linha d’água, empregando um bom contato elétrico com o aço do casco.

Comentário:

Oras, Coruja, mais uma questão tranquila que cobra de você o conhecimento sobre o método de proteção anticorrosiva denominado de **ânodo de sacrifício** (que nada mais é que uma proteção galvânica ou catódica).

Situação clássica, Estrategista: temos um casco de barco que precisa ser “protegido” da corrosão imposta pelo ambiente que ele está inserido (água marinha). Logo, coloca-se, como vimos, um metal de sacrifício (que vai se sacrificar, fornecendo – doando – seus elétrons e oxidando, para o metal que deve ser protegido). Por isso, a nossa resposta é a letra “c” – o material tem que ser “mais oxidável” que o ferro, como o zinco, estar em contato com o meio (água do mar) e ter um bom contato elétrico com o aço do casco (que possui ferro em sua composição).

Gabarito: “c”.

46. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Inspeção – 2012)



Na montagem de equipamentos industriais, muitas vezes é imprescindível a união de dois metais totalmente distintos, por exemplo, bronze e aço ao carbono.

Essa união favorece um mecanismo muito comum de corrosão denominado corrosão?

- galvânica do aço com oxidação do ferro.
- puntiforme (por pites) do bronze pelo oxigênio.
- por aeração diferencial (*crevice corrosion*) do aço.
- por aeração diferencial (*crevice corrosion*) do bronze.
- por oxidação do bronze pelo hidrogênio.

Comentário:

Olha aí, como é importante conhecer os métodos de proteção e a relação de potencial de eletrodo, Coruja! Mais uma questão que nos cobra o método de ânodo de sacrifício que nada mais é que a proteção galvânica que vimos. Vamos relembrar a série de potencial de redução/oxidação?

	Equilíbrio metal-íon metálico	Potencial do eletrodo (a 25°C, 1 atm e 1mol/L)
Ativos ou anódicos	K-K ⁺	+ 2,92
	Ca-Ca ²⁺	+ 2,90
	Na-Na ⁺	+ 2,71
	Mg-Mg ²⁺	+ 2,40
	Al-Al ³⁺	+ 1,70
	Zn-Zn ²⁺	+ 0,76
	Cr-Cr ³⁺	+ 0,74
	Fe-Fe ²⁺	+ 0,44
	Ni-Ni ²⁺	+ 0,25
	Sn-Sn ²⁺	+ 0,14
	Pb-Pb ²⁺	+ 0,13
	Fe-Fe ³⁺	+ 0,045
Referência	H ₂ -H ⁺	0,00
Nobres ou catódicos	Cu-Cu ²⁺	- 0,34
	Ag-Ag ⁺	- 0,80
	Pt-Pt ²⁺	- 1,20
	Au-Au ²⁺	- 1,50

Lembre-se, Coruja, temos nessa tabela a série de potencial de oxidação (nada mais é que valor do potencial de redução, porém positivo). Assim, vemos que a liga bronze (cobre e estanho, com matriz de cobre – muito maior teor que estanho, claro) possui um potencial de oxidação muito menor (-0,34 V) que o ferro (matriz principal na liga aço) que possui +0,44 V na sua oxidação Fe-Fe²⁺.



Dessa forma, acontecerá uma **corrosão galvânica**, com o ferro da liga sofrendo **oxidação** e **doando** elétrons para o bronze, que será, assim, “protegido”. Essa situação, nada mais é que um **ânodo de sacrifício**. As demais alternativas não têm nada a ver com a situação proposta, Estrategista!

Gabarito: “a”.

47. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro Júnior - Inspeção – 2011)

Uma chapa de aço (densidade $7,9 \text{ g/cm}^3$) com área de 550 cm^2 ficou exposta ao ar próximo ao oceano pelo período de um ano. Observou-se que houve, nesse período, uma perda de peso da chapa de 500 g.

Nessas condições e para $K = 87,6$, a taxa de corrosão, em mm/ano, foi, aproximadamente, de

- a) 0,90.
- b) 1,15.
- c) 1,50.
- d) 2,10.
- e) 3,60.

Comentário:

Tranquilo, Coruja! Temos uma aplicação da nossa fórmula da TPC! Assim, encontramos a **Taxa de Penetração da Corrosão** em mm/ano. Perceba que ele nos fornece o tempo de exposição do material (que é de 1 ano). Logo, como a tempo na fórmula e em relação as constantes tem que ser em horas, temos que converter ($365 \text{ dias} \times 24 \text{ horas/dias} = 8760 \text{ horas}$).

$$TPC = \frac{KW}{\rho At};$$

Na qual:

- **W:** é a perda de massa após um tempo de exposição “t”, em mg;
- **t:** é o tempo de exposição ao meio corrosivo, em horas;
- **ρ :** é a densidade do material, em g/cm^3 ;
- **A:** é a área exposta da amostra desse material, em cm^2 ;
- **K:** constante que irá variar de acordo o sistema de unidades utilizados.

$$TPC = \frac{87,6 \cdot 500 \cdot 1000}{7,9 \cdot 550 \cdot 8760} = 1,15 \text{ mm/ano};$$



Gabarito: “b”.

48. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro Júnior - Inspeção – 2011)

Na fabricação de latas para a indústria alimentícia, são usadas folhas de flandres, por suas propriedades mecânicas e capacidade de resistência à corrosão.

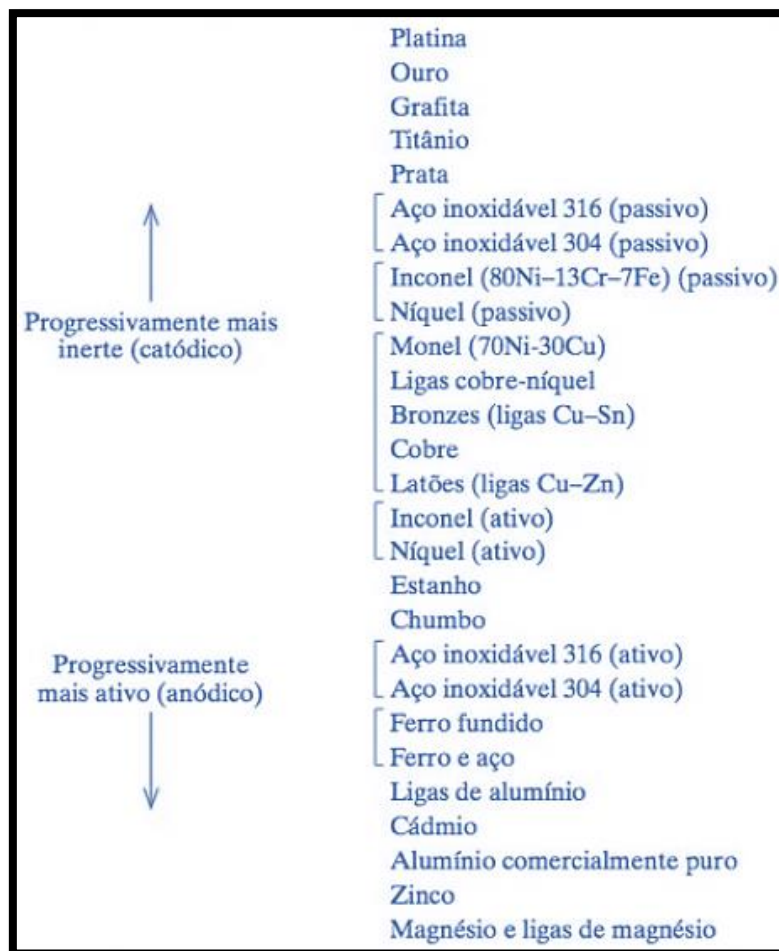
Quanto à capacidade de resistência à corrosão, é INCORRETO afirmar que

- a) a série galvânica representa as reatividades dos metais e ligas em água do mar.
- b) o aço é mais anódico que o estanho na série galvânica.
- c) o estanho protege o aço por ser mais anódico na série galvânica.
- d) o estanho é o metal mais ativo ou anódico que o aço nas soluções alimentícias, contidas nas latas.
- e) flandres são folhas de aço baixo carbono revestidas por estanho.

Comentário:

Questãozinha tranquila que nos traz o entendimento de alguns elementos da série galvânica. Apesar de achar um tipo de cobrança esdrúxula, pois ter que decorar qual elemento é mais anódico ou menos anódico do outro, não prova nada, o gabarito da questão só se você decorar a tabela a seguir.





Logo, vemos que a única incorreta é a letra “c”. O **estanho** não é mais anódico do que o aço. Além disso, guarde para sua prova que **flandres** são folhas de aço de baixo teor de carbono revestidas com estanho.

Gabarito: “c”.

49. (Cesgranrio/CIA Petroquímica de Pernambuco – Engenheiro de Equipamentos Pleno – 2010)

Em relação às variáveis que influenciam no processo corrosivo, de modo geral, tem-se que

- a) o aumento na velocidade do fluido aumenta a taxa de corrosão, enquanto o aumento na temperatura reduz a taxa de corrosão.
- b) o aumento na velocidade do fluido reduz a taxa de corrosão, enquanto o aumento na temperatura aumenta a taxa de corrosão.
- c) tanto o aumento na velocidade do fluido quanto o aumento na temperatura reduzem a taxa de corrosão.
- d) para materiais capazes de sofrer passivação o aumento da concentração do componente corrosivo pode resultar em uma considerável redução na corrosão.



e) um metal deformado a frio é menos suscetível à corrosão do que o mesmo metal no estado recozido.

Comentário:

A questão nos traz o conhecimento sobre **corrosão** e **processos corrosivos**. Como vimos, Coruja, a corrosão em materiais metálicos pode ocorrer quando são expostos a ambientes específicos, sendo impactados pela interação química (ou eletroquímica). Nessa seara, temos normalmente um agente oxidante que intensifica o processo pela reação de oxirredução do material.

Além disso, vimos que temos alguns fatores que podem aumentar ou reduzir a corrosão. A **velocidade do fluido**, por exemplo, aumenta a taxa de corrosão pois aumenta o atrito pelo contato mecânico do fluido com o material, gerando uma corrosão física de caráter erosivo (corrosão-erosão). Outro aspecto da velocidade está relacionado com **cavitação** (vista em bombas) que também pode se enquadrar em um tipo de corrosão das hélices do rotor. A **temperatura** também impacta na corrosão, pois aumenta o processo de reações químicas que necessitam de maiores energia. Assim, letras “a”, “b” e “c” estão errada.

Conforme vimos, a **passivação** é a constituição de uma película de **óxidos** (como nos aços inoxidáveis, do **cromo** em contato com o **oxigênio**, formando **óxido de cromo – Cr_2O_3**) que protege o material interior, abaixo da superfície. Com o aumento do componente corrosivo, a redução da corrosão pode ocorrer de forma mais rápida e estabilização pela proteção da película formada. Alternativa correta.

A letra “e” traz um detalhe sobre o tratamento de **recozimento**. De fato, uma das melhorias no aço é seu aumento à corrosão. Todavia, a conformação a frio não gera impacto de melhoria ou de piora quanto a resistência a corrosão. Alternativa errada.

Gabarito: "d".

50. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos - Mecânica – 2010)

A corrosão pode ocorrer em diferentes formas, tais como as mencionadas na coluna da esquerda. Associe cada forma de corrosão à sua respectiva descrição, apresentada na coluna à direita.

I - Ataque uniforme

II - Corrosão galvânica

III - Pites

IV - Corrosão intergranular

V - Lixívia seletiva

P - Ocorre quando dois metais ou ligas que possuem composições diferentes são acoplados eletricamente ao mesmo tempo em que são expostos a um eletrólito.



Q - Surge da ação combinada de um ataque químico e da abrasão ou desgaste mecânico como consequência do movimento de um fluido.

R - É uma forma de corrosão eletroquímica que ocorre com intensidade equivalente ao longo de toda a superfície que está exposta.

S - Ocorre preferencialmente ao longo dos contornos de grãos para algumas ligas e em alguns ambientes específicos.

T - É uma forma muito localizada de ataque por corrosão, onde pequenos buracos se formam.

U - É encontrada em ligas por solução sólida e ocorre quando um elemento ou constituinte é removido preferencialmente como consequência de processos de corrosão.

A associação correta é

- a) I - P , II - Q , III - R , IV - S e V - T.
- b) I - Q , II - R , III - P , IV - S e V - T.
- c) I - R , II - P , III - T , IV - S e V - U.
- d) I - U , II - Q , III - P , IV - S e V - T.
- e) I - R , II - P , III - S , IV - T e V - Q.

Comentário:

Olha aí, Coruja! Questão bem tranquila que nos traz o conhecimento de alguns tipos de **corrosão**. Vejamos cada uma:

Ataque uniforme: vimos que é a corrosão que ocorre em **toda a superfície do material**. (I-R);

Corrosão galvânica: ocorre pelo encontro de dois materiais diferentes, pois possuem **potenciais de eletrodo diferentes** e que são colocados em contato elétrico em um meio (eletrólito), gerando a pilha eletrolítica; (II-P)

Corrosão localizada – Pites: : também chamada de puntiforme, ocorre em pontos com pequenas áreas localizadas, formando os pites. Para a literatura brasileira, os pites são diferentes que os alvéolos, Coruja. Os pites, possuem um fundo que forma ângulos mais agudos com profundidade maior que o seu diâmetro (veja que é diferente da alveolar). (III-T);

Corrosão intergranular: primeira grande característica desse tipo é a sua ocorrência comumente encontrada em **aços inoxidáveis austeníticos**, com empobrecimento de um dos elementos da liga (como o **cromo**) na região dos contornos dos grãos (por isso, intergranular). (IV-S);



Lixívia seletiva: tem como maior exemplo desse tipo, Coruja, a famosa dezincificação. Ela nada mais é que a remoção (lixiviação) de zinco da liga de latão (Cu-Zn) - ligas de solução sólida. (V-U).

Gabarito: “c”.

51. (Cesgranrio/SFE – Engenheiro de Termelétrica Júnior - Mecânica – 2009)

Na proteção catódica galvânica de uma tubulação enterrada, os anodos de magnésio e zinco são enterrados no solo envolvidos com um enchimento condutor (mistura de gesso, betonita e sulfato de sódio) com a finalidade de

- a) evitar a absorção de umidade do solo.
- b) aumentar a resistência de aterramento.
- c) dificultar a passagem da corrente elétrica do anodo para o solo.
- d) propiciar a formação de películas isolantes na superfície do anodo.
- e) melhorar a eficiência de corrente no anodo, propiciando um desgaste uniforme.

Comentário:

Veja, Coruja! Uma questão diferente que nos cobra umas das características dos **eletrólitos** na relação de corrosão entre materiais diferentes. Na situação exposta, temos a tubulação que perde elétrons para o solo. Com o intuito de estabelecer a **proteção catódica galvânica**, coloca-se os tais **anodos de sacrifícios** (feitos em magnésio e zinco) para corroerem ao invés da tubulação, protegendo-a. Todavia, pode-se melhorar a eficiência desse processo com os **enchimentos condutores** que o enunciado coloca (mistura de gesso, betonita e sulfato de sódio) que agirão como **eletrólitos**. Assim, nosso gabarito é a letra “e”.

Todas as demais alternativas não têm o menor sentido, já que esses eletrólitos visam justamente diminuir a resistência ao aterramento (letra “b”, errada), aumentar a absorção de umidade do solo (letra “a”, errada), aumentar a passagem de corrente do anodo pra o solo, para aumentar a proteção (letra “c”, errada) e evitar que películas isolantes sejam formadas na superfície do anodo e que poderiam dificultar a passagem dos elétrons (letra “d”, errada).

Gabarito: “e”.

52. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Terminais e Dutos – 2008)

A corrosão eletroquímica ocasionada pelas heterogeneidades do elemento pode estar relacionada com o material metálico ou com o meio corrosivo. Em uma operação de soldagem em que o metal de adição utilizado é o mesmo que o metal de base, a região que apresenta corrosão eletroquímica é a região



- a) do cordão de solda, pois o meio corrosivo ataca o contorno dos grãos por corrosão intergranular.
- b) do cordão de solda, por ser a região anódica do par galvânico.
- c) do cordão de solda, por ser a região catódica do par galvânico.
- d) em torno do cordão de solda, a zona termicamente afetada que será a região catódica do par galvânico.
- e) em torno do cordão de solda, onde o meio corrosivo ataca o contorno dos grãos por corrosão intergranular.

Comentário:

Questão ordinária, Coruja, mas que cobra uma sutileza sobre a **corrosão intergranular**. Oras, vimos que ela é aquela na qual o ataque corrosivo se dá no contorno dos grãos, certo? Assim, fica fácil eliminar a maioria das alternativas que não tem sentido, ficando, você, entre as letras “e” e “a”. Todavia, aqui foi o “pega” da questão, porque, de fato, ela ocorre em **torno** do cordão de solda e, não necessariamente em qualquer região dele, nas quais temos diferentes zonas que são termicamente afetadas, além da zona fundida de solda.

Esse tipo de corrosão é muito evidenciada em soldagem de aços inoxidáveis. Oras, vimos que o **carbono** que compõe a liga (principalmente, quando seu teor é acima de 0,02%) costuma-se formar um composto denominado **carbeto de cromo** (CR₃C₆). O problema é que esse composto precipita e deixa a região **empobrecida** do principal elemento contra a corrosão (o **cromo**). Logo, nessas áreas em torno dos contornos dos grãos fica suscetível à corrosão. Claro que para outras ligas, esse problema também pode ser evidenciado, por conta da mesma lógica – pela temperatura, o carbono pode formar compostos diferentes que vão impactar na resistência da liga.

Gabarito: “e”.

53. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2006)

Os aços inoxidáveis se caracterizam, principalmente, por resistirem à corrosão atmosférica. Esta característica ocorre devido à:

- a) formação de uma camada estável de óxido de cromo que protege a superfície contra a corrosão intergranular.
- b) formação de uma camada passiva estável, extremamente fina, resultado da combinação do cromo com o oxigênio, que se forma instantaneamente na superfície.
- c) passividade do aço inoxidável, garantida pelo cromo com teores de até 10%, em qualquer ponto do material.
- d) presença de cromo e vanádio no contorno dos grãos.



e) presença de cromo que migra para a superfície e impede a formação da pilha galvânica.

Comentário:

Questão “moleza”! Coruja, vimos que os aços inoxidáveis, por conta da presença do cromo em teores acima de 10%, tem a característica de serem resistentes à corrosão em atmosfera ambiente. Isso ocorre porque há o fenômeno da passivação com a formação de **óxido de cromo** (Cr_2O_3) na superfície da peça. Esse **óxido de cromo** é estável e interrompe o processo de corrosão, formando uma camada fina em todo o material que o protege. Por isso, o gabarito é a letra “b”.

A letra “a” estava perfeita, porém errou no final – a corrosão intergranular é outro tipo e, que, normalmente, não é evitada nos aços inoxidáveis quando submetidos a temperaturas entre 500 e 800 °C, pelo déficit de cromo nessa região (ele forma carbeto de cromo com o carbono do aço).

A letra “c” está errada, pois o teor de cromo **não é até** 10% e, sim, tem que ser superior a esses valores. A letra “d” não tem o menor sentido pelo o que já expliquei. E a letra “e” erra no conceito de pilha galvânica, além de ser muito “estranho” imaginar que o cromo vai “migrar” se deslocando na superfície.

Gabarito: “b”.

54. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2006)

Assinale a opção que explica INCORRETAMENTE uma das formas pelas quais a corrosão pode se manifestar.

- a) Corrosão por placas - ocorre quando dois materiais metálicos, sob a forma de placas, estão em contato e a corrosão se apresenta na interface entre os dois materiais.
- b) Corrosão por pite - ocorre quando a corrosão se apresenta de forma muito localizada com profundidade bem maior que o seu diâmetro.
- c) Corrosão alveolar - ocorre quando a corrosão age de forma localizada, tendo o aspecto de crateras.
- d) Corrosão intergranular - ocorre atacando o material no contorno dos grãos, quando expostos a meios agressivos.
- e) Corrosão transcristalina - é identificada sob a forma de trincas que se propagam pelo interior dos grãos do material.

Comentário:

Oras, Coruja, tranquilidade! A questão nos cobra o conhecimento de cada tipo de corrosão e nos pede a incorreta! Vejamos.



Letra “a”: errada! Corrosão por placas na mais é que uma corrosão uniforme que pode ocorrer em uma área mais abrangente. A descrição não condiz com esse tipo, pois pode inferir tanto a corrosão por depósito (com o exemplo típico da doutrina das placas empilhadas e que possuem diferentes concentrações de oxigênio entre suas regiões) quanto um processo de corrosão galvânica de materiais diferentes;

Letra “b”: exata! Lembre-se da característica da corrosão por pite (que é um subtipo da corrosão localizada) – com profundidade **maior** que seu diâmetro;

Letra “c”: perfeita! Alveolar é a localizada (como na por pite), mas com seus **sulcos, escavações** (crateras, chamadas pela questão) na qual a profundidade é **menor** que seu diâmetro;

Letra “d”: certo! Definição perfeita de corrosão intergranular;

Letra “e”: correta! Transcristalina só é mais um nome para a corrosão que se propaga no **interior** dos grãos (transgranular).

Gabarito: “a”.

55. (Cesgranrio/Petrobrás – Técnico de Manutenção – 2006)

A corrosão gráfica é um processo que pode ocorrer no(as):

- a) ferro fundido cinzento.
- b) ferro fundido branco.
- c) aço hipereutetóide.
- d) ligas de estanho.
- e) ligas de titânio.

Comentário:

Coruja, esse é um dos exemplos clássicos da **corrosão seletiva**. Lembre-se que falamos do exemplo da **dezinfecção** (para o latão) e da **grafitização** (para os ferros fundidos cinzentos e nodular). É o caso da situação do problema. Assim, pode ocorrer a corrosão do ferro (que servirá de anodo, fornecendo elétrons) e a grafita (que servirá de catodo, recebendo-os) tipicamente no **ferro fundido cinzento**. Por isso, o gabarito da questão é a letra “a”.

No ferro fundido branco, por conta da maior estabilização do carbono em cementita, por isso não é a letra “b”. As outras não possuem o menor sentido. Por isso, lembre-se sempre: falou no tipo de corrosão



seletiva denominado **grafitização** lembre-se do **ferro fundido cinzento** e, em um segundo momento, do **ferro fundido nodular**.

Gabarito: “a”.

FGV

56. (FGV/IMBEL – Engenheiro Mecânico – 2021)

O uso da pintura no tratamento de superfícies tem, como finalidade, a proteção de peças ou de materiais da corrosão ou de outros tipos de desgaste.

Sobre o processo de pintura, analise as afirmativas a seguir.

- I. A pintura com pistola a ar comprimido demanda o uso de tintas com elevada diluição com solventes.
- II. O uso de pistola hidráulica sem ar (air less) reduz a ocorrência de falhas como poros, crateras e bolhas.
- III. A utilização de pistola eletrostática com tinta em pó resulta em uma película com elevada porosidade.

Está correto o que se afirma em,

- a) I, somente.
- b) II, somente.
- c) III, somente.
- d) I e II, somente.
- e) I, II e III.

Comentário:

Questão interessante, Estrategista, que nos cobra conhecimentos específicos sobre os **métodos de aplicação** de tintas nos processos de pintura. Lembre-se que a pintura é uma das formas de proteção contra a corrosão, por conta da barreira que ela exerce entre o material e o meio corrosivo. Vejamos cada assertiva:

I – perfeita! Vimos que a **pistola a ar** comprimido é um dos métodos de aplicação de tinta. Lembre-se que as principais características desse método são: grande produtividade, boa uniformidade, **necessita elevada diluição da tinta em solventes para facilitar o escoamento da tinta pelas mangueiras do equipamento**, há presença de falhas como poros, crateras e bolhas, existe perda elevada de tinta;



II – exatamente! Outro método de aplicação que vimos é pela **pistola hidráulica sem ar (air less)**. Como características principais, podemos citar: usada para aplicar tintas sem solventes de alta quantidade de pigmento e em elevada espessuras, **diminuição de falhas do tipo poros, crateras e bolhas**, formação de uma película mais uniforme, elevada produtividade e redução de perda de tinta;

III – errada! É justamente o contrário. O método de aplicação por **pistola eletrostática** consiste em um dos métodos de melhor qualidade, pois a aderência da tinta à superfície é feita de uma maneira mais homogênea, já que a superfície possui uma carga elétrica diferente da tinta. Logo, a atração de cargas de sinais oposto contribui para uma superfície com **baixíssima porosidade** na película de tinta;

Gabarito: "d".

57. (FGV/SEDUC-AM – Engenheiro Mecânico – 2014)

Quando há a ocorrência de contato elétrico entre dois eletrodos os elétrons do anodo se dirigem para o catodo, devido ao maior potencial do primeiro. As células galvânicas produzem corrosão, pois há a diferença de potencial entre os eletrodos.

Considerando-se a seção transversal de uma peça de aço zincado ou estanhado, assinale V para a afirmativa verdadeira e F para a falsa.

- () Tanto o Estanho quanto o Zinco protegem a superfície do aço, mesmo que haja a perfuração da camada da superfície da peça.
- () O Zinco atua como anodo e o ferro como catodo, permitindo que o ferro fique protegido mesmo que a camada de zinco, por algum motivo, seja perfurada.
- () O Estanho atua sempre como anodo e independe da espessura da camada de deposição eletrolítica e o aço da peça pode comutar o seu comportamento pela condição dinâmica da série galvânica.

As afirmativas são, respectivamente,

- a) F, V e V.
- b) F, V e F
- c) F, F e V.
- d) V, V e F.
- e) F, V e F.

Comentário:



Olha aí, Coruja! Questão bem simples que nos cobra, para variar, a relação catódica entre um metal ou liga metálica que age como **anodo** (quem oxida, doando elétrons) e outro metal ou liga metálica que funcionará como **catodo** (quem reduz, recebendo elétrons). Tranquilidade. Vejamos cada assertiva.

I – De fato, se lembrarmos da nossa **série de potencial de eletrodo**, Coruja, veremos que o **zinco**, em relação ao **ferro**, age como anodo – ou seja, ele fornecerá elétrons (doará) e o ferro será preservado. Todavia, o **estanho** não possui potencial de eletrodo maior que o ferro na oxidação e, assim, vimos que na **célula de composição** entre esses dois metais, o **estanho** somente providenciará a proteção para a peça (por exemplo, feita de aço que possui majoritariamente ferro em sua liga) caso **não haja furos** ou qualquer contato com o meio atmosférico. Portanto, assertiva **falsa**;

II – perfeita! Realmente, o **zinco** continuará servindo como anodo para o ferro (catodo) e a proteção será mantida, mesmo a camada seja perfurada ou desfeita. Inclusive, o zinco é muito utilizado como **anodo de sacrifício** em outras situações de **proteção catódica** (como placas em cascos de barco, por exemplo);

III – errada! Oras, acabamos de ver que o **estanho não agirá** como anodo em relação ao ferro (agirá somente em relação a outros metais que possuírem **menor** potencial na **oxidação** ou **maior** potencial na **redução** que ele). Portanto, para que se tenha certa proteção é necessário que a camada e revestimento desse aço feita por estanho seja espessa e sem fissura para impedir o contato com o ar atmosférico (rico em O₂ e em H₂O em forma de vapor);

Gabarito: "b".

58. (FGV/Sudene-PE – Engenharia Mecânica – 2013)

A corrosão pode ter consequências diretas ou indiretas, sendo algumas de natureza econômica. As medidas práticas mais comumente usadas para combater a corrosão estão relacionadas a seguir, à exceção de uma. Assinale-a.

- a) Proteção anódica.
- b) Emprego do revestimento metálico.
- c) Modificação do processo.
- d) Emprego de inibidores de corrosão.
- e) Emprego de manutenção preventiva.

Comentário:

Nossa, Estrategista! Essa foi “dada” de pai, hein? Que isso! É um ultraje a sua inteligência essa FGV, viu? Rrsr. Brincadeiras de lado, Coruja, vamos ao que interessa! Veja que a única assertiva errada (porque não



tem o menor sentido) é a letra “e”. Oras, **manutenção preventiva** é um tipo de manutenção empregada antes da falha do equipamento, peça, máquina ou componente ocorrer. Não tem a ver com os métodos de proteção contra a corrosão. Todas as demais são exemplos de métodos para evitar a corrosão. A tal da modificação de processo nada mais é que evitar certas situações em serviços do equipamentos que deve ser protegido (como controlar as condições ambientes, evitando contato com umidade e/ou diminuição de teores de certos elementos químicos, como o carbono no caso do aço inoxidável austenítico a fim de evitar a corrosão intergranular, por exemplo).

Gabarito: "e".

59. (FGV/Sudene-PE – Engenharia Mecânica – 2013)

A corrosão é definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, em virtude da ação do meio ambiente que o modifica por meio de um processo espontâneo. Isso pode acarretar a inutilização de estruturas de uso corrente no dia a dia.

É corrente vermos estruturas metálicas espalhadas por toda parte, seja nos meios de transporte como automóveis, caminhões, navios ou aviões, ou em gasodutos, adutoras, entre outros. Todos esses objetos ou aplicações metálicas sofrem a ação do meio, tornando-se, com o passar do tempo e com a corrosão, inadequados ao seu uso, com grandes prejuízos.

(Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br/sugestoes/quimica/quimica003.htm>.)

A corrosão do ferro pode ser descrita pela reação:.

- a) $\text{FeCl}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{FeO} + \text{Cl}_2$
- b) $\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$
- c) $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$
- d) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{FeO} + 1/2 \text{O}_2$
- e) $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$.

Comentário:

Eita, papai! Que maravilha, hein? Mais uma questão super simples! Vimos em aula que a corrosão do ferro por meio da oxidação proveniente do par - oxigênio e água em forma de vapor – presentes na atmosfera providenciará o meio eletrolítico perfeito para que as reações eletroquímicas sejam manifestadas e, assim, a oxirredução se faça presente. Nesse processo, temos como resultado tanto a formação do **hidróxido de ferro** e **óxido de ferro** que irão constituir a ferrugem no material. Veja que há



a necessidade de termos a reação final (global) a presente de **oxigênio** do lado dos reagentes. A única equação que isso ocorre é a letra “c”. Além disso, temos como produto o **óxido de ferro**.

Gabarito: "c".

Instituto AOCP

60. (Instituto AOCP/IFBA – Professor Tecnólogo – Área: Engenharia Mecânica – 2016)

Em ligas de Cu-Zn (latões), ocorre uma espécie de corrosão com maior tendência nas ligas com alto teor de zinco, permitindo o aparecimento de manchas avermelhadas devido à exposição do cobre. Esse tipo de corrosão é denominado.

- a) Anodiocorrosão.
- b) Cozinficação.
- c) Zinferrocorrosão.
- d) Latocorrosão.
- e) Dezincificação.

Comentário:

Oras, Coruja, questão bem tranquila que nos traz a definição de um subtipo de processo de **corrosão seletiva** (tipo de corrosão) que vimos - a **dezincificação**. Vimos que ele nada mais é que a **remoção de zinco** da liga de **latão** (Cu-Zn). Lembre-se que ele é feito em diferentes fases: na primeira, temos o latão começa se dissolver. Na segunda, íons de zinco permanecem na solução e há a formação de um resíduo rico em cobre recobrando a superfície da liga da peça (daí a coloração avermelhada característica).

Gabarito: "e".

IESES

61. (IESES/SCGÁS – Técnico de Gás Natural – 2019)

A fadiga de um material consiste na ruptura com aplicação de tensão cíclica. Esta tensão variável no tempo, não precisa chegar ao limite elástico para promover a ruptura. A corrosão-fadiga (ou fadiga sob corrosão) é a ruptura com aplicação de tensão cíclica em presença de um meio corrosivo. Pressupõe uma interação sinérgica entre corrosão e tensão cíclica.

(Apostila de corrosão-fadiga. UFRGS, acesso abril 2019. p.1).

Em relação aos métodos de prevenção contra a corrosão-fadiga identifique a alternativa INCORRETA:



- a) Modificação das propriedades da superfície. Tensões compressivas na região superficial e subsuperficial dificultam a nucleação da trinca a qual acontece por tensões tratativas: “shotpeening” (jato de granalha); nitretação superficial.
- b) Modificação do meio. De um modo geral diminuindo a corrosão, diminui a probabilidade do aparecimento da corrosão-fadiga: inibidores de corrosão (inibem iniciação do processo corrosivo); óleos emulsionáveis (adsorção).
- c) Proteção catódica. Aços recuperam seu limite à fadiga em potenciais suficientemente catódicos. Cuidado: materiais suscetíveis à fragilização por hidrogênio (aços de alta resistência) podem se tornar suscetíveis à fadiga por causa do endurecimento causado pelo hidrogênio absorvido pelo metal.
- d) Recobrimentos Protetores. Estes devem ser inelásticos em relação à tensão cíclica: tintas; recobrimentos metálicos (galvanização); anodização.

Comentário:

Questão muito interessante que envolve dois assuntos diferentes: **ensaio de fadiga** (ensaio esse que estuda o efeito de fratura em peças submetidos a esforços que geram tensão cíclica de compressão e tração, basicamente) e **corrosão**. Apesar de não precisa compreender o **ensaio de fadiga** profundamente para essa questão, eu trouxe, pois com o seu conhecimento básico e o conhecimento que vimos sobre os métodos de proteção corrosiva, podemos matar a questão. A única alternativa está errada é a letra “d”, pois o erro está em afirmar que as **tintas** (apesar de oferecer proteção contra a corrosão do meio, pois encobre a peça) são **inelásticas** – na verdade, por conta das tensões e deformações no material, a tinta a camada de tinta pode se romper e expor a peça ao meio. Dessa forma, não se pode afirmar que a camada de tinta é inelástica. Por outro lado, a galvanização (recobrimento com zinco) e anodização (processo que gera óxido de alumínio na superfície da peça de alumínio), por outro lado, constituem camadas que não se rompem.

Por curiosidade, **shot peening**, nada mais é que uma técnica que “atira” granalhas na superfície da peça em alta velocidade a fim de gerar uma deformação plástica localizada e, por efeito do trabalho à frio (encruamento local), aumenta a dureza naquela região. Lembre-se, Coruja, que o encruamento cria novas discordâncias que servirão de obstáculo e dificultarão os movimentos dos planos cristalográficos e, conseqüentemente, aumenta a resistência mecânica a deformação e dureza do material.

Gabarito: "d".

EAOEAR

62. (EAOEAR/Engenharia Mecânica – 2018)

A corrosão em metais é ocasionada por um processo de oxidação eletroquímica do metal de uma peça, ou seja, tem-se uma reação em que elétrons são liberados, os quais se deslocam para outros pontos da peça onde acontecerá uma reação de redução.



A respeito do processo de corrosão em metais, é correto afirmar que

- a) a região onde acontece a corrosão é denominada de cátodo.
- b) a corrosão eletroquímica só acontece se houver a construção de uma célula galvânica.
- c) em aços galvanizados, o ferro atua como ânodo e o zinco como cátodo, protegendo o aço.
- d) se a acidez do eletrólito aumentar, a corrosão dos metais anódicos em relação ao hidrogênio se reduz.

Comentário:

Opa! Questãozinha tranquila que nos cobra o conceito básico da corrosão **eletroquímica**. Vejamos cada alternativa.

Letra “a”: errada! Oras, vimos várias vezes no decorrer da aula que a região que irá **doar/perder** elétrons (oxidar) é a região denominada **ânodo** (ou ânodo)! Ao passo que, a região que irá **receber** os elétrons (reduzir) é o **catodo** (ou cátodo);

Letra “b”: correta! Exatamente, Coruja! Percebe que a corrosão eletroquímica precisa de uma **diferença de potencial de eletrodo** para que comece a corrosão, na qual um metal ou liga irá reduzir ao passo que o outro metal ou outra liga irá oxidar. Dessa forma, forma-se a **célula galvânica** entre esse par de metais ou ligas diferentes, gerando **ânodo** e **catodo**. Um exemplo simples comum é o **cobre (catodo)** e o **ferro (ânodo)**;

Letra “c”: errada! É justamente o contrário, Coruja! Se você observar a tabela de potencial de eletrodo, o **zinco** possui **maior** potencial de eletrodo em termos absolutos. Logo, ele se comporta como **ânodo** e **perde/doa** elétrons para o ferro (na oxidação, seu potencial de eletrodo é de +0,76 V, ao passo que o do ferro é de +0,44 V). Assim, o **zinco** doa (ânodo) para o **ferro** que recebe/reduz (catodo);

Letra “d”: errada! Oras, falei em aula que se a acidez tem relação com a quantidade de íons H^+ dispersos no meio. Dessa forma, quanto mais ácido ele for, mais íons H^+ dissolvidos estarão presentes. Dessa forma, a corrosão dos metais anódicos (aquele que está funcionando como **ânodo** e **doando/perdendo** elétrons) irá se intensificar, já que os íons H^+ para se estabilizarem e formarem H_2 (gás hidrogênio) irão **roubar os elétrons do catodo** (pois serão atraídos devido a carga negativa elevada do catodo) que são provenientes do ânodo. Assim, intensificará e não reduzirá a corrosão no ânodo.

Gabarito: “b”.

63. (EAOEAR/Engenharia Mecânica – 2017)

É de extrema relevância o estudo da corrosão, devido às diversas perdas econômicas causadas nas mais variadas atividades, como nas indústrias química, petrolíferas, na construção civil, entre outras. A corrosão pode ocorrer de diversas maneiras, e a identificação da forma como ocorre pode ser vital para se formular um plano de proteção contra a corrosão. Um método utilizado para proteção é a utilização de ligas inoxidáveis. Porém, a presença do íon negativo cloro pode romper localmente a camada passiva



protetora que se forma na liga e iniciar um processo de corrosão localizada, formando-se pequenos orifícios que podem ser de difícil identificação. Essa forma de corrosão é chamada de corrosão

- a) por pite.
- b) uniforme.
- c) sob fadiga.
- d) intergranular.

Comentário:

Pelo o amor de Deus, hein, Coruja? Qual o tipo de corrosão que vimos em aula que bate com a descrição “(...) romper **localmente** a camada passiva protetora que se forma na liga e iniciar um processo de **corrosão localizada**, formando-se pequenos orifícios que podem ser de difícil identificação.” Oras, é claro que é a **corrosão por pite**! Lembre-se que no Brasil, ainda temos alguns tipos que a literatura brasileira costuma incluir abaixo desse tipo. Vamos relembrar:

- **Por placas:** em regiões maiores em certas partes da superfície metálica (não em toda a extensão da peça);
- **Alveolar:** localizada em certas regiões da superfície, formando **sulcos** (escavações, crateras) que parecem **alvéolos**, tendo um fundo mais arredondado com profundidade comumente **menor** que o seu diâmetro;
- **Pite:** também chamada de **puntiforme**, ocorre em pontos com pequenas áreas localizadas, formando os **pites**. Para a literatura brasileira, os pites são diferentes que os alvéolos, Coruja. Os pites, possuem um **fundo** que forma **ângulos** mais agudos com profundidade **maior** que o seu diâmetro (veja que é diferente da alveolar);

Gabarito: "a".

64. (EAOEAR/Engenharia Mecânica – 2017)

A proteção catódica é um método utilizado para evitar a corrosão de instalações na indústria. Esse tipo de proteção vem sendo aplicado em diversos tipos de construções, como oleodutos, gasodutos, plataformas de petróleo, entre outros. Embora a proteção catódica possa ser realizada eficientemente em superfícies desprovidas de proteção por revestimento, muitos casos combinam-se os dois tipos de proteção, proporcionando dessa forma o potencial de assegurar a integridade de estruturas metálicas em meio corrosivo por um período de tempo considerável. Com relação a esses tipos de proteção, assinale a alternativa correta.

- a) O processo de cromatização é um método em que se obtém um revestimento protetor, que pode ser produzido em soluções contendo cromatos ou ácido crômico. Esse procedimento pode ser feito sobre



o metal, não sendo recomendada a utilização deste sobre uma camada de óxidos. Dessa forma, deve ser realizada uma limpeza prévia da superfície para a aplicação da cromatização.

- b) A eficiência dos revestimentos depende da retirada de impurezas de uma superfície metálica. Uma maneira de realizar a limpeza correta da superfície é através de uma ação mecânica, como a utilização de lixas mecânicas, que são eficientes em desempenhar a limpeza de superfícies com carepa de laminação intacta e praticamente sem corrosão.
- c) O processo de proteção catódica por corrente impressa é um método que emprega uma corrente elétrica a partir de uma fonte eletromotriz, de tal forma que a estrutura apresente um comportamento catódico. Uma das desvantagens desse método é a impossibilidade de aplicar em eletrólitos de baixa resistividade elétrica.
- d) É recomendável utilizar um anodo de magnésio quando se trata de proteção catódica de sacrifício aplicada aos trocadores de calor, pois o zinco, usualmente anódico em relação ao ferro, pode sofrer uma inversão de polaridade e se tornar catódico em contato com água em altas temperaturas.

Comentário:

Questão que nos cobra detalhes sobre diferentes métodos de proteção contra corrosão, como a proteção catódica e seus tipos e os revestimentos! Vamos lá?

Letra “a”: opa! Questão começa muito bem e parece estar perfeita! Realmente, conforme vimos em aula a **cromatização** é um tipo de proteção pertencente ao grupo dos **revestimentos não-metálicos inorgânicos**. Ela é feita a partir de soluções de cromatos ou ácido crômico. Todavia, **não há** tal limitação imposta pela questão no final da alternativa, **sendo indiferente** a aplicação sobre camadas de óxidos ou não, pois o próprio revestimento vai impedir a continuação da oxidação. Além disso, é comum a prática desse processo posteriormente aos processos de anodização e fosfatização (que geram camadas de óxidos ou de fosfatos) a fim de intensificar a proteção pela cobertura de eventuais poros (micro buracos) que podem permanecer;

Letra “b”: errada! A questão está perfeita até a última frase. De fato, a **lixa mecânica** pode ser utilizada para retirar impurezas e preparar a superfície da peça metálica. Inclusive é o método de ação mecânica empregado que pertence ao rol de procedimentos que feitos (como a detergência, solubilização e ação química). Todavia, é um procedimento **não muito eficiente** para retirar finas camadas de óxidos (como as carepas), pois não atua quimicamente, não indo a nível molecular (uma lixa mecânica sempre vai deixar algum resíduo sobrando depois da ação mecânica);

Letra “c”: errada, também! Apesar de faltar detalhes, já que de qual estrutura ele está falando, certo? Esse método consiste em aplicar uma fonte de elétrons de corrente contínua (denominada de **retificador**) que tem o terminal negativo conectado a peça que será protegida (lembre-se que os elétrons fluem em sentido contrário do sentido da corrente que, por sua vez, vai do polo negativo para o positivo), ao passo que o terminal positivo no **material que será o anodo de sacrifício**. Dessa forma, os elétrons do anodo



fluirão para o catodo (peça a ser protegida) tendo o fluxo controlado pelo retificador. Porém, o erro da questão é sutil! De acordo com a literatura (Callister, por exemplo), de fato, o material do aterro (que seria o eletrólito nesse cenário) com **alta condutividade** gera um bom contato elétrico entre o anodo e o solo para fechar o circuito. Todavia, dizer que é **impossível** aplicar em eletrólitos de baixa condutividade é um absurdo! Justamente a vantagem do método é poder ser aplicado em qualquer eletrólito, mesmo os de elevada resistividade;

Letra “d”: correta! Essa eu achei de uma “sacanagem” absurda, Coruja! Isso porque a banca cobrou um detalhe que raríssimas vezes é explorado sobre a proteção catódica com anodo de sacrifício! Oras, realmente, quando temos sistemas que operam em água **quente** (como situações com trocadores de calor), deve-se evitar anodos de **zinco** para estabelecer a proteção catódica, pois pode ocorrer a **inversão de polaridade e o efeito da proteção não existir**. Para essas situações, são empregados anodos de **magnésio**.

Gabarito: "d".

Idecan

65. (Idecan/CBM – 2016)

Em relação aos tipos de corrosão, relacione adequadamente as colunas a seguir.

1. Corrosão por pites.
 2. Corrosão tubercular.
 3. Corrosão por atrito.
 4. Corrosão filiforme.
- () Deterioração do metal causada por escorregamento repetitivo na interface entre duas superfícies.
- () Corrosão altamente localizada, resultando em penetração profunda em apenas uns poucos pontos.
- () Corrosão que ocorre sob películas na forma de linhas finas distribuídas aleatoriamente.
- () Corrosão localizada em locais espalhados, resultando em regiões com protuberâncias.

A sequência está correta em.

- a) 3, 4, 2, 1.
- b) 2, 4, 1, 3.



c) 2, 1, 3, 4.

d) 3, 1, 4, 2.

Comentário:

Questão tranquila, Coruja! Ela parece difícil, porque traz novos nome e nomenclaturas pouco usuais sobre os tipos de corrosão que já vimos. Vamos lá! De cima para baixo, temos:

3 - Deterioração do metal causada por escorregamento repetitivo na interface entre duas superfícies.

Como vimos, nada mais é que a **corrosão por atrito**, subtipo de corrosão por erosão no qual o movimento entre duas superfícies (sendo uma metálica, necessariamente), seja por vibração, seja por deslizamento, gera em suas interfaces pequenas **ranhuras** ou **crateras** que servem de núcleo para ruptura por fadiga.

1 - Corrosão altamente localizada, resultando em penetração profunda em apenas uns poucos pontos.

Tranquila! Como vimos, temos a corrosão por pites! É uma corrosão extremamente **localizada**, puntiforme com um fundo em cada pite em forma de ângulos mais agudos e com maiores profundidades que a alveolar (por isso, a literatura brasileira faz a distinção entre alveolar e pites).

4 - Corrosão que ocorre sob películas na forma de linhas finas distribuídas aleatoriamente.

Um outro subtipo corrosão por fresta considerado por parte dos especialistas em métodos de prevenção, é a **corrosão filiforme** (parte da doutrina a considera como um tipo à parte de corrosão). Aqui o que você precisa saber é que ela existe e que a sua principal característica é a formação de **filamentos muito finos**, quase sem profundidade que se propagam para direções **aleatórias** (chega a ter forma vermicular em alguns casos). É muito comum sua presença em superfícies metálicas e cobertas por **tintas ou metais**.

2 - Corrosão localizada em locais espalhados, resultando em regiões com protuberâncias.

A corrosão tubercular nada mais é que um subtipo de corrosão por pites na qual o **acúmulo de óxidos que se forma durante o processo de corrosão se faz presente**. Por conta desse acúmulo, as regiões de cavidades (pites) ficam cobertos por esses resíduos dando luz a denominação de **pites tuberculares**¹³, como cita a doutrina. Dessa forma, um outro subtipo de corrosão por vir associada, denominada de **corrosão tubercular** (nada mais é que a corrosão por pites que, por sua vez, é um corrosão localizada, rs).

Gabarito: "d".

¹³ GENTIL, V. Corrosão. 6.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2011





ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.